

DISSERTATION

Der Stellenwert mikrovaskulärer Lappenplastiken
in der modernen rekonstruktiven Chirurgie

Sergey Arakelyan

2019

Der Stellenwert mikrovaskulärer Lappenplastiken in der modernen rekonstruktiven Chirurgie

-

**Eine Untersuchung von Risikofaktoren und Komplikationsraten
in der Abteilung für Plastische, Ästhetische und
Spezielle Handchirurgie des Universitätsklinikums Leipzig**

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades

Dr. med.

an der Medizinischen Fakultät
der Universität Leipzig

eingereicht von:

cand. med. Sergey Arakelyan

Geburtsdatum / Geburtsort:

28.08.1993 in Eriwan/Armenien

Angefertigt an:

Klinik und Poliklinik für Orthopädie,
Unfallchirurgie und Plastische Chirurgie,
Bereich für Plastische, Ästhetische und spezielle
Handchirurgie

Betreuer:

Univ.- Prof. Dr. med. Stefan Langer

Ko-Betreuer:

Dr. med. Olimpiu Bota

Beschluss über die Verleihung des Doktorgrades vom: 26.01.2021

*Meiner Familie,
deren Geduld das Entstehen dieser Arbeit erleichterte*

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|-----------|
| Abkürzungsverzeichnis | i |
| Abbildungsverzeichnis | ii |
| Tabellenverzeichnis | v |
| 1 Einleitung | 1 |
| 1.1 Historische Entwicklung der Mikrochirurgie | 1 |
| 1.2 Geschichte der freien Lappenplastiken | 1 |
| 1.3 Konzepte der Gewebedeckung im zeitlichen Wandel | 3 |
| 1.3.1 Rekonstruktive Leiter | 3 |
| 1.3.2 Rekonstruktiver Fahrstuhl | 4 |
| 1.3.3 Rekonstruktives Uhrwerk | 5 |
| 1.4 Lappenarten | 6 |
| 1.4.1 Verschiedene Formen freier Lappenplastiken | 6 |
| 1.5 Mikrochirurgische Anastomosen | 8 |
| 1.6 Supermikrochirurgie | 9 |
| 1.7 Anatomie und Operationstechnik des ALT-Lappens | 9 |
| 1.8 Anatomie und OP-Technik des M. latissimus dorsi Lappens | 13 |
| 1.9 Operationsindikationen | 15 |
| 2 Zielsetzung der Dissertation | 15 |
| 3 Material und Methoden | 16 |
| 3.1 Art der klinischen Studie | 16 |
| 3.2 Patientenkollektiv | 16 |
| 3.3 Untersuchungsmethoden | 16 |
| 3.4 Untersuchungsparameter | 17 |
| 3.4.1 Demographische Daten | 17 |
| 3.4.2 Klinische Größen | 17 |
| 3.4.3 Risikofaktoren | 17 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 3.4.4 | Prä-, peri- und postoperative Daten | 18 |
| 3.4.5 | Patientenspezifische Risikofaktoren | 21 |
| 3.4.6 | Zeitspanne von Ursache bis Therapie mit freier Lappenplastik | 21 |
| 3.4.7 | Komplikationen | 22 |
| 3.5 | Statistische Auswertung | 22 |
| 4 | Ergebnisse | 24 |
| 4.1 | Patienten | 24 |
| 4.1.1 | Patientenkollektiv | 24 |
| 4.1.2 | Patientenalter und Geschlechtsverteilung | 25 |
| 4.1.3 | Lappenentnahmeregion | 25 |
| 4.2 | Operationsparameter | 27 |
| 4.2.1 | Operationsdauer | 27 |
| 4.2.2 | Anzahl der mikrovaskulär anastomosierten Blutgefäße | 28 |
| 4.2.3 | Verschiedene Varianten der mikrovaskulären Anastomosierung | 33 |
| 4.2.4 | Zeitspanne von Ursache bis Therapie mit freier Lappenplastik | 38 |
| 4.2.5 | Größe der freien Lappenplastik | 41 |
| 4.2.6 | Hebestellenmorbidity | 43 |
| 4.2.7 | Empfangsstelle der freien Lappenplastik | 44 |
| 4.2.8 | Stationäre Verweildauer | 46 |
| 4.2.9 | Gleichzeitige unfallchirurgische Versorgung | 47 |
| 4.2.10 | Kostenträger | 49 |
| 4.2.11 | Lernkurve | 49 |
| 4.3 | Patientenspezifische Risikofaktoren | 51 |
| 4.3.1 | Geschlecht | 51 |
| 4.3.2 | Erhöhtes Patientenalter | 53 |
| 4.3.3 | Body-Mass-Index | 55 |
| 4.3.4 | Arterielle Hypertonie | 60 |
| 4.3.5 | Nikotinabusus | 62 |
| 4.3.6 | Diabetes Mellitus | 64 |
| 4.3.7 | Kombination von Risikofaktoren | 66 |
| 5 | Diskussion | 68 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 5.1 | Methodik..... | 68 |
| 5.2 | Patientenkollektiv | 69 |
| 5.3 | Lappenarten | 70 |
| 5.4 | Patientenalter | 71 |
| 5.5 | Patientengeschlecht..... | 72 |
| 5.6 | Body-Mass-Index..... | 73 |
| 5.7 | Arterielle Hypertonie | 75 |
| 5.8 | Nikotinabusus | 76 |
| 5.9 | Diabetes Mellitus | 77 |
| 5.10 | Mikrovaskuläre Anastomose..... | 78 |
| 5.11 | Coupler Systeme | 80 |
| 5.12 | Schnitt-Naht-Zeit | 81 |
| 5.13 | Zeitspanne von Verletzung bis OP der freien Lappenplastik | 82 |
| 5.14 | Gleichzeitige unfallchirurgische Versorgung | 83 |
| 5.15 | Kostenträger..... | 84 |
| 5.16 | Lernkurve | 85 |
| 5.17 | Lappenmonitoring..... | 85 |
| 6 | Zusammenfassung..... | 91 |
| 7 | Literatur..... | 94 |
| 8 | Erklärung zur eigenständigen Abfassung der Arbeit..... | 108 |
| 9 | Danksagung | 109 |
| 10 | Lebenslauf..... | 110 |

Abkürzungsverzeichnis

| | |
|-----------------|--|
| Abb. | Abbildung |
| ALT | anterolateral thigh flap |
| BG | Berufsgenossenschaft |
| BMI | Body-Mass-Index |
| bspw. | beispielsweise |
| ca. | circa |
| cm | Zentimeter |
| cm ² | Quadratzentimeter |
| d.h. | das heißt |
| DIEAP-Lappen | Deep Inferior Epigastric Artery Perforator-Flap |
| EDV | Elektronische Datenverarbeitung |
| etc. | et cetera |
| e.V. | eingetragener Verein |
| Jh. | Jahrhundert |
| kg | Kilogramm |
| m. | musculus |
| mm | Millimeter |
| OP | Operation |
| n. | Nervus |
| sog. | Sogenannte |
| Tab. | Tabelle |
| u.a. | unter anderem |
| WHO | World Health Organization, (Übersetzung: Weltgesundheitsorganisation) |
| z. B. | zum Beispiel |
| Z. n. | Zustand nach |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Abbildung 1: Die „Rekonstruktive Leiter“ zeigt verschiedene chirurgische Techniken zur Behebung von Weichteildefekten, dem Anforderungsniveau nach steigend angeordnet, vom einfachen Primärverschluss einer Wunde, bis hin zum mikrovaskulär freien Gewebetransfer [92]..... | 3 |
| Abbildung 2: Der „Rekonstruktive Fahrstuhl“ verdeutlicht das willkürliche Auswählen der am besten geeigneten chirurgischen Technik zur Behebung eines Weichteildefekts [41]..... | 4 |
| Abbildung 3: Das „Rekonstruktive Uhrwerk“ zeigt anhand von acht ineinander greifenden Zahnrädern das komplexe Zusammenspiel zwischen allen verfügbaren Möglichkeiten zur Deckung von Weichteildefekten [73] | 5 |
| Abbildung 4: Das präoperative Bild zeigt einen 6x7cm großen eitrig infizierten Weichteildefekt mit glatten Wundrändern | 10 |
| Abbildung 5: Markierung des zu hebenden ALT-Lappens und der mittels Doppler-Sonographie bestimmten Perforatorgefäße (Universitätsklinikum Leipzig) | 11 |
| Abbildung 6: Auf grünem OP-Tuch ausgelegter ca. 7 x 15cm großer freier ALT-Lappen im operativen Setting (Universitätsklinikum Leipzig) | 11 |
| Abbildung 7: Der mikrovaskulär anastomosierte 7 x 15cm große ALT-Lappen..... | 12 |
| Abbildung 8: Verlauf der Arteria thoracodorsalis [119] | 13 |
| Abbildung 9: Hebung des freien M. latissimus dorsi Lappens (Uniklinik Leipzig) | 14 |
| Abbildung 10: Das absolute und prozentuale Geschlechterverhältnis des Patientenkollektivs bestehend aus 177 Personen in Darstellung als Kreisdiagramm | 24 |
| Abbildung 11: Die weibliche und männliche Patientenanzahl ist jeweils auf der x-Achse in Bezug auf das Patientenalter in zehn Jahresabschnitten auf der y-Achse aufgetragen | 25 |
| Abbildung 12: Häufigkeit verwendeter freier Lappenplastiken von Mai 2012 bis Oktober 2017 im Universitätsklinikum Leipzig..... | 26 |
| Abbildung 13: Schnitt-Naht Zeiten der freien Lappenplastikoperationen in stündlichen Zeitfenstern von unter drei bis über acht Stunden | 27 |
| Abbildung 14: Anzahl der jeweils arteriell und venös verwendeten Anastomosen aufgeteilt in jeweils zwei Gruppen mit einer oder zwei Anastomosen | 28 |
| Abbildung 15: Darstellung der prozentualen Häufigkeit der Anzahl der anastomosierten Arterien in Bezug auf keine, teilweise oder komplette Lappennekrose | 29 |

| | |
|---|----|
| Abbildung 16: Darstellung der prozentualen Häufigkeit der Anzahl der anastomosierten Venen in Bezug auf keine, teilweise aufgetretener oder kompletter Lappennekrose | 31 |
| Abbildung 17: Darstellung der Verwendungshäufigkeit von arteriellen und venösen Anastomosen jeweils aufgeteilt in End-zu-End und End-zu-Seit Varianten..... | 33 |
| Abbildung 18: Prozentuale Häufigkeit von End-zu-End und End-zu-Seit Arterienanastomosen in Bezug auf keine, teilweise aufgetretener und kompletter Lappennekrose..... | 34 |
| Abbildung 19: Prozentuale Häufigkeit von End-zu-End und End-zu-Seit Venenanastomosen in Bezug auf keine, teilweise aufgetretener und kompletter Lappennekrose..... | 36 |
| Abbildung 20: Darstellung der Anzahl freier Lappenplastiken im jeweilig operierten Zeitraum von 0 – 3 Tagen, 4 – 14 Tagen und ab dem 15. Tag..... | 38 |
| Abbildung 21: Einfluss der vergangenen Zeit seit Verletzung/letztem Débridement in Zeiträumen von 0 - 3 Tagen, 4 – 14 Tagen und ab dem 15. Tag auf das Auftreten keiner, teilweise und kompletter Lappennekrose | 39 |
| Abbildung 22: Einfluss der Lappengröße (cm ²) auf das Auftreten von keiner, teilweise oder kompletter Lappennekrose | 41 |
| Abbildung 23: Differenzierte Darstellung der absoluten Häufigkeit von Hebestellenmorbidityäten aufgeteilt nach keinen Komplikationen, Wundheilungsstörungen, Hämatomen, Serombildung und Sonstigen | 43 |
| Abbildung 24: Differenzierte Darstellung der absoluten Häufigkeit der Empfangsstellen der freien Lappenplastiken mit Aufteilung auf den Oberkörper proximal und distal der Ellenbeuge und dem Unterkörper proximal und distal des Kniegelenks | 44 |
| Abbildung 25: Darstellung der absoluten Häufigkeit der stationären Verweildauer der Patienten mit freiem Gewebettransfer von unter zwei Wochen bis über acht Wochen in zwei Wochen Zeiträumen..... | 46 |
| Abbildung 26: Darstellung der prozentualen Häufigkeit freier Lappenplastiken mit und ohne gleichzeitig unfallchirurgischer Versorgung aufgeteilt nach keiner, teilweise aufgetretener und kompletter Lappennekrose | 47 |
| Abbildung 27: Lernkurve zur Durchführung freier Lappenplastiken in Bezug auf keine, teilweise und komplette Lappennekrose..... | 50 |
| Abbildung 28: Prozentuale Darstellung des Geschlechts der Patienten in Bezug auf keine, teilweise aufgetretener und kompletter Lappennekrose | 51 |

| | |
|---|----|
| Abbildung 29: Prozentuale Verteilung des Patientenalters am Operationstag aufgeteilt in zwei Gruppen über und unter dem 60. Lebensjahr in Bezug auf keine, teilweise aufgetretener und kompletter Lappennekrose | 53 |
| Abbildung 30: Darstellung der jeweiligen Patientenanzahl mit freiem Gewebettransfer mit Body-Mass-Index von 18,5 – 24,9, 25 – 29,9 und ab 30 | 55 |
| Abbildung 31: Prozentuale Verteilung des Körpergewichts der Patienten aufgeteilt in zwei Gruppen über und unter einem Body-Mass-Index von 25 in Bezug auf keine, teilweise aufgetretener und kompletter Lappennekrose | 56 |
| Abbildung 32: Prozentuale Verteilung des Körpergewichts der Patienten aufgeteilt in zwei Gruppen über und unter einem Body-Mass-Index von 30 in Bezug auf keine, teilweise aufgetretener und kompletter Lappennekrose | 58 |
| Abbildung 33: Prozentuale Häufigkeit des Vorhandenseins einer arteriellen Hypertonie als Nebendiagnose bei allen Patienten in Bezug auf keine, teilweise aufgetretener und kompletter Lappennekrose | 60 |
| Abbildung 34: Prozentuale Häufigkeit des Vorhandenseins eines Nikotinabusus als Nebendiagnose bei allen Patienten in Bezug auf keine, teilweise aufgetretener und kompletter Lappennekrose | 62 |
| Abbildung 35: Prozentuale Häufigkeit des Vorhandenseins eines <i>Diabetes mellitus</i> als Nebendiagnose bei allen Patienten in Bezug auf keine, teilweise aufgetretener und kompletter Lappennekrose | 64 |

Tabellenverzeichnis

| | |
|--|----|
| Tabelle 1: Anzahl der anastomosierten Arterien in Bezug auf keine, teilweise oder komplette Lappennekrose..... | 30 |
| Tabelle 2: Anzahl der anastomosierten Venen in Bezug auf die Lappennekrose | 32 |
| Tabelle 3: Darstellung der Arterienanastomose aufgeteilt in End-zu-End und End-zu-Seit Varianten in Bezug auf keine, teilweise aufgetretene und komplette Lappennekrose | 35 |
| Tabelle 4: Art der Venenanastomose und Lappennekrose | 37 |
| Tabelle 5: Einfluss der Zeit seit Verletzung/letztem Débridement in Zeiträumen von 0 - 3 Tagen, 4 – 14 Tagen und ab dem 15. Tag auf das Auftreten keiner, teilweise und kompletter Lappennekrose | 40 |
| Tabelle 6: Einfluss der Lappengröße (cm ²) auf das Auftreten von keiner, teilweise und kompletter Lappennekrose | 42 |
| Tabelle 7: Tabellarische Darstellung der Minorkomplikationen Wundheilungsstörung, Hämatomausräumung und Lappenausdünnung und der Majorkomplikationen Anastomosenrevision, Teilnekrose und komplettem Lappenverlust an der Empfangsstelle der freien Lappenplastik in absoluten und relativen Zahlen..... | 45 |
| Tabelle 8: Einfluss gleichzeitiger unfallchirurgischer Versorgung auf keine, teilweise aufgetretene und komplette Lappennekrose | 48 |
| Tabelle 9: Aufteilung der Kostenträger freier Lappenplastiken..... | 49 |
| Tabelle 10: Prozentuale Auswertung keiner, teilweise und kompletter Lappennekrose bei freien Lappenplastiken im Zeitraum von 2012 bis 2017 | 50 |
| Tabelle 11: Darstellung des Geschlechts der Patienten in Bezug auf keine, teilweise aufgetretener und kompletter Lappennekrose | 52 |
| Tabelle 12: Darstellung des Patientenalters am OP-Tag aufgeteilt in zwei Gruppen über und unter dem 60. Lebensjahr in Bezug auf keine, teilweise aufgetretener und kompletter Lappennekrose | 54 |
| Tabelle 13: Patienten mit BMI über und unter 25 in Bezug auf keine, teilweise aufgetretene, und komplette Lappennekrose | 57 |
| Tabelle 14: Patienten mit BMI über und unter 30 in Bezug auf keine, teilweise aufgetretene, und komplette Lappennekrose | 59 |
| Tabelle 15: Darstellung der Patienten mit und ohne arterieller Hypertonie in Bezug auf keine, teilweise aufgetretener und kompletter Lappennekrose | 61 |

| | |
|---|----|
| Tabelle 16: Darstellung der Patienten mit und ohne Nikotinabusus in Bezug auf keine, teilweise aufgetretener und kompletter Lappennekrose | 63 |
| Tabelle 17: Darstellung der Patienten mit und ohne Diabetes mellitus in Bezug auf keine, teilweise aufgetretener und kompletter Lappennekrose | 65 |
| Tabelle 18: Codierungen kategorialer Variablen und binär logistische Regression | 67 |

1 Einleitung

1.1 Historische Entwicklung der Mikrochirurgie

Die Entwicklung der Plastischen Chirurgie führte im Laufe der Jahrzehnte zur Etablierung des freien Gewebetransfers als Goldstandard in der rekonstruktiven Chirurgie. Die Grundlage dessen war die Entdeckung des zusammengesetzten Mikroskops Ende des 16. Jahrhunderts, welche das neue Zeitalter der Mikrochirurgie erst ermöglichte. Dabei handelt es sich um eine fächerübergreifend universelle Disziplin, bei der unter Zuhilfenahme vergrößernder Sehhilfen wie beispielsweise operativen Lichtmikroskopen kleinste Gefäße, Sehnen oder periphere Nerven chirurgisch versorgt werden [72]. Erst Jahrhunderte nach der Erfindung des ersten zusammengesetzten Mikroskops durch den niederländischen Optiker Zacharias Jansen entdeckten Ärzte die daraus resultierenden neuen Einsatzmöglichkeiten für operative Verfahren. So gelang dem schwedischen HNO-Arzt Gunnar Holmgren 1921 erstmals der klinische Einsatz eines Stativmikroskops bei der chirurgischen Behandlung einer Otosklerose [72].

Mitte der 1950er Jahre begann die Firma Carl Zeiss die zielgerichtete Weiterentwicklung und Verbreitung des Operationsmikroskops innerhalb der verschiedenen Fachgebiete [72]. Im Laufe der voranschreitenden technischen Entwicklung gelang dem Gefäßchirurgen Jules Jacobson 1960 mit Hilfe mikroskopischer Vergrößerung und feinsten Operationsinstrumenten die erste Anastomose zweier Blutgefäße mit einem Durchmesser von nur 1,4 mm. Dies stellte laut Jacobson die Geburtsstunde der „Mikrochirurgie“ dar [60].

1.2 Geschichte der freien Lappenplastiken

Diese Fortschritte ermöglichten neue Ansätze in der plastisch-rekonstruktiven Chirurgie. Mit Hilfe der mikrochirurgischen Möglichkeiten gelang dem Handchirurgen Kleinert im Jahr 1963 die erste Revaskularisation einer subtotalen Fingeramputation [70][71]. Ebenso konnte sich in den 1970er Jahren durch die Möglichkeit der mikrovaskulären Anastomosierung die Replantationschirurgie entwickeln, bei der versucht wurde, abgetrennte Körperteile wie Nase, Ohren oder Extremitäten wieder mit dem Körper zu verbinden, um die Funktionalität wiederherzustellen.

Im Laufe der Jahre entwickelten spezialisierte Chirurgen weltweit immer anspruchsvollere Konzepte, um Haut- und Gewebedefekte zu behandeln. Mit dem ersten freien Großzementtransfer als Daumenersatz Ende der 1960er Jahre durch den Engländer Cobbett und letztendlich durch die erste freie Gewebetransplantation in Form eines freien Leistenlappens durch die Chirurgen Daniel und Taylor im Jahr 1973 hatte die Etablierung der mikrochirurgischen Operationstechniken endgültig stattgefunden [29] [129]. 1979 transplantierte Stephan Ariyan den ersten Pectoralislappen und Anfang der 1980er Jahre transplantierte der chinesische Chirurg Yang den ersten freien Unterarm-lappen [6] [146].

Im Jahr 1896 beschrieb Iginio Tansini erstmals den myocutanen M. latissimus dorsi Lappen [95][141]. Olivari veröffentlichte etwa 70 Jahre später einen Artikel über die Behandlung von Strahlenschäden an der Brustwand mithilfe des M. latissimus dorsi Lappens [104]. Bostwick griff diese Idee im Jahr 1978 auf und entwickelte daraus einen Insellappen zur Brustrekonstruktion [16]. Heutzutage gehört der M. latissimus dorsi Lappen sowohl gestielt als auch als frei gehobene Form zu den am häufigsten eingesetzten Lappenplastiken.

Im Jahr 1984 beschrieb Song den ersten anterolateralen Oberschenkel-lappen (ALT) an Perforatorgefäßen der Arteria circumflexa femoris lateralis. Ende der 80er Jahre gelang dem Japaner Koshima die Transplantation des ersten freien anterolateralen Oberschenkel-lappens [76]. 1991 beschrieben Zhou und Kollegen erste Ergebnisse nach Verwendung des ALT-Lappens in verschiedenen Körperregionen [149]. Auch Koshima veröffentlichte zwei Jahre später Ergebnisse von 22 transplantierten ALT-Lappen im Kopf- und Halsbereich [77]. Dieser fand anfangs im asiatischen und später auch im europäischen Raum häufig Verwendung [125].

Heutzutage stellt die große Vielfalt der zur Verfügung stehenden freien Lappenplastiken eine sichere und sehr flexible Methode dar, um größere Gewebedefekte zur Deckung zu bringen. Voraussetzung hierfür sind ausreichend perfundierte Gefäße an der Hebestelle und fortgeschrittene mikrochirurgische Kenntnisse des Operateurs [62] [110].

1.3 Konzepte der Gewebedeckung im zeitlichen Wandel

1.3.1 Rekonstruktive Leiter

Den Wiederherstellungschirurgen standen nun mehrere Möglichkeiten zum Verschluss von Gewebedefekten zur Auswahl. Daraus entwickelte sich ein strukturiertes Konzept, um ein bestmögliches Outcome für den Patienten zu gewährleisten. Durch Mathes und Nahai wurde ab 1982 die sogenannte „Rekonstruktive Leiter“ allgemein als Standardschema herangezogen, um das richtige operative Verfahren zur Behandlung von Weichteildefekten zu bestimmen [92]. Das Leiterschaulbild veranschaulicht mit zunehmendem Schwierigkeitsgrad die verschiedenen chirurgischen Herangehensweisen, beginnend mit dem einfachen Wundverschluss, über die Hauttransplantation, lokaler- und Fernlappenplastiken bis hin zum freien Gewebetransfer.

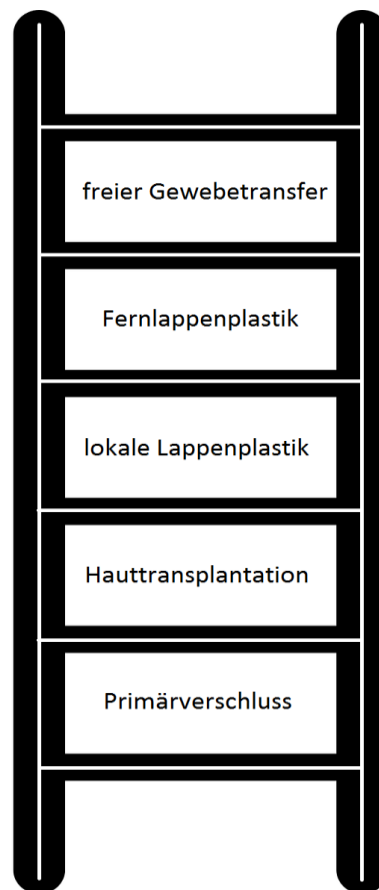


Abbildung 1: Die „Rekonstruktive Leiter“ zeigt verschiedene chirurgische Techniken zur Behebung von Weichteildefekten, dem Anforderungsniveau nach steigend angeordnet, vom einfachen Primärverschluss einer Wunde, bis hin zum mikrovaskulär freien Gewebetransfer

[92]

1.3.2 Rekonstruktiver Fahrstuhl

Die mikrochirurgischen Operationstechniken etablierten sich und nahmen eine zunehmend wichtigere Rolle in der Wiederherstellungschirurgie ein. Die Zweifel an einer stufenweise eskalierenden Vorgehensweise wurden immer größer und so wurde dieser heutzutage als historisch einzuordnenden Sichtweise der „Rekonstruktive Fahrstuhl“ entgegengesetzt. Da es bei komplizierten Gewebedefekten bezüglich funktionalem Verschluss und ästhetischem Ergebnis anspruchsvoller Lösungsansätze bedarf, setzten Gottlieb und Krieger 1994 auf die Vorteile des „Rekonstruktiven Fahrstuhls“ [41]. So wird direkt auf das passende Operationsverfahren zugegriffen, ohne stufenartige Intensivierung der Therapie. Die Theorie, dass die primär optimalste chirurgische Intervention mehrere aufeinanderfolgende Eingriffe erspart und die Versorgung des Patienten somit verbessert, wurde auch von Bennett und Choudhary verfolgt [12].

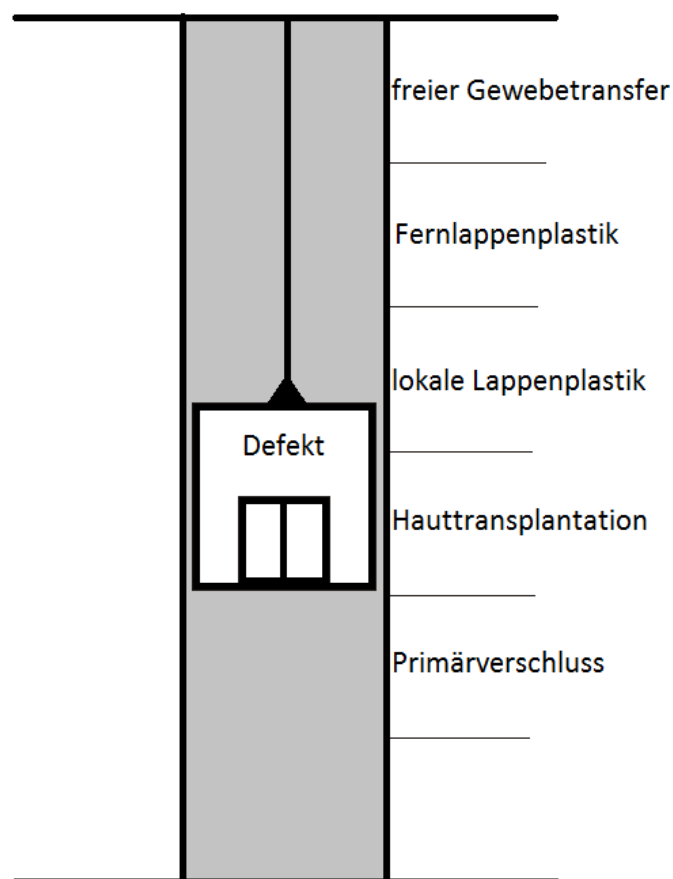


Abbildung 2: Der „Rekonstruktive Fahrstuhl“ verdeutlicht das willkürliche Auswählen der am besten geeigneten chirurgischen Technik zur Behebung eines Weichteildefekts [41]

1.3.3 Rekonstruktives Uhrwerk

Unter Berücksichtigung neuer medizinischer Verfahren definierten Knobloch und Vogt Anfang des 21. Jahrhunderts ein abstrakteres Gesamtbild aller einflussnehmenden Faktoren in Form eines „Rekonstruktiven Uhrwerks“ [73]. So werden die „Robotik“, also die roboterassistierte Chirurgie, die „Composite Tissue Allotransplantation“ (=CTA) und das „Regeneration Tissue Engineering“ neu in das Konzept eingegliedert. Die „Composite Tissue Allotransplantation“ beschreibt eine heterologe Transplantation von Haut, subkutanem, neurovaskulärem oder mesenchymalem Gewebe zur Rekonstruktion von Weichteildefekten [118]. Das „Regeneration Tissue Engineering“ hingegen, ermöglicht, mit Hilfe der in vitro Vermehrung und Kultivierung körpereigener Zellen, eine rekonstruktive Neubildung defekter Gewebeareale [97].

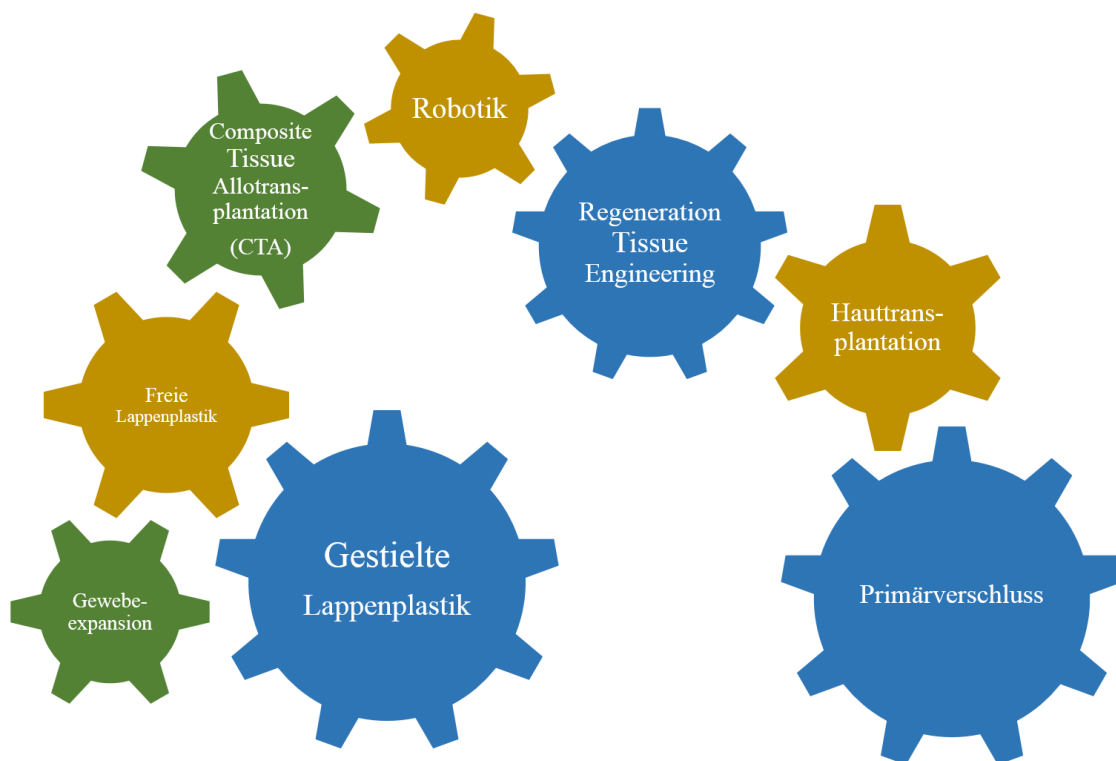


Abbildung 3: Das „Rekonstruktive Uhrwerk“ zeigt anhand von acht ineinandergreifenden Zahnrädern das komplexe Zusammenspiel zwischen allen verfügbaren Möglichkeiten zur Deckung von Weichteildefekten [73]

1.4 Lappenarten

Zur Defektdeckung werden unterschiedliche Lappenvarianten verwendet. Hierzu zählen Haut-, oder Hautfaszienlappen, die mit einem zufälligen dermalen Gefäßplexus durchblutet werden. Diese stellen die sogenannten „random pattern flaps“ dar. Es werden ebenso Lappen transplantiert, deren Perfusion von einem definierten „axialen“ Gefäßast ausgeht, welche demnach „axial pattern flaps“ genannt werden. Die zweite Variante lässt sich weiter unterteilen in lokale-, gestielte- und freie Lappenplastiken. Dieser Aspekt stellt eine Weiterentwicklung dar, da nun nicht mehr auf ein bestimmtes anatomisches Größenverhältnis zwischen Länge und Breite des Lappens geachtet werden muss und somit größere und komplexere Lappen gehoben und an jede andere Körperstelle mikrovaskulär angeschlossen werden können [83] [96]. In diesem Zusammenhang wurde 1987 von Taylor und Palmer das Angiosomkonzept definiert. Dieses erläutert, welches Versorgungsgebiet ein Blutgefäß hat und lässt so Rückschlüsse auf die maximale Lappengröße und die intraoperativen Präparationsgrenzen des Lappens zu [130]. In dieser Dissertation liegt das Hauptaugenmerk auf die Transplantation freier Lappenplastiken. Patienten mit lokalen oder gestielten Lappen werden nicht berücksichtigt.

1.4.1 Verschiedene Formen freier Lappenplastiken

Freie Gewebetransfers lassen sich generell in kutane/fasziokutane-, myokutane Lappenplastiken und Knochentransplantate einteilen [25]. Während kutane Lappen nur aus Kutis und Subkutis bestehen, werden fasziokutane Lappen noch zusätzlich mit der Faszie des darunterliegenden Muskels erweitert. Bei der myokutanen Lappenplastik wird noch zusätzlich der zur Faszie zugehörige Muskel verwendet. Zusätzlich können auch Knochentransplantationen, wie zum Beispiel eine freie Fibulatransplantation bei Knochentumoren, durchgeführt werden [84]. Das lappenversorgende Gefäß kann sowohl axial gestielt, als auch als Perforator entstehen. Beispiele für axial gestielte Lappen wären der Radialislappen und der laterale Oberarmlappen [74].

1.4.1.1 Perforatorlappen

Diese Lappenart wird über ein definiertes Perforatorgefäß versorgt. Die Perforatoren entspringen von größeren Blutgefäßen und reichen bis zum darüber liegenden Perforasom [128]. Das ist der Hautbereich, welcher genau von einem bestimmten

Perforator versorgt wird [116]. Es lässt sich zusätzlich zwischen direkter und indirekter Perforatorgefäße unterscheiden. Im Gegensatz zur direkten, werden bei der indirekten Form auf dem Weg zur Haut noch weitere, hauptsächlich muskuläre, Strukturen versorgt [14]. Als Beispiel für eine Lappenplastik dieser Kategorie wäre der ALT-Lappen (=anterolateral thigh flap) zu erwähnen [124].

1.4.1.2 Compound- und Composite-Lappen

Ein Compound-Lappen ist gekennzeichnet durch die Verbindung mehrerer unterschiedlicher Gewebeformen. Diese sind unter anderem Knochen, Knorpel, Muskeln und Faszien und können durch ein oder mehrere Gefäße vaskularisiert werden [44]. Der Composite-Lappen ist die einfachste Variante des zusammengesetzten Compound-Lappens. Unterschiedliche Gewebe werden über ein bestimmtes Gefäß en bloc reseziert und so als Ganzes transplantiert. Nur so ist die Blutversorgung gewährleistet. Daher eignet sich dieser Lappen bei einfacheren Defekten [45].

1.4.1.3 Chimeric-Lappen

Der Chimeric-Lappen stellt ebenso eine Unterform des Compound-Lappens dar. Die Besonderheit hierbei liegt in der Vaskularisation. So werden die jeweils unterschiedlichen Teilgewebe (Knochen, Muskel, Haut) des Gesamtlappens über ein größeres arterielles Gefäß eigens unabhängig über separate Gefäßäste versorgt [45]. Hierbei besteht eine besondere Flexibilität bei der Lappentransplantation, da zwar nur ein Anschlussgefäß mikrovaskulär anastomosiert werden muss, die einzelnen Teilgewebe jedoch beliebig an ihrem eigenen Gefäßast rotiert werden können, um den Gewebedefekt dreidimensional bestmöglich zu decken [44].

Im Laufe des Fortschritts wurden vier detaillierte Untertypen des Chimeric-Lappens definiert. Die Unterscheidung wurde anhand der Vaskularisation getroffen. Der „klassische Typ“ ist gekennzeichnet durch eine Blutversorgung durch große verzweigte subfasziale Blutgefäße. Wenn die verschiedenen Teilgewebe durch einzelne Perforatoren versorgt werden, die von einem einzigen größeren Gefäß entspringen, spricht man vom „Perforator basierten Typ“. Der „mikrochirurgisch fabrizierte Typ“ wird individuell durch den Chirurgen zusammengestellt. Hierzu werden die Teilgewebe separat an ihrem Gefäßast an das spätere Blutgefäß anastomosiert. Als letzte und vierte

Untergruppe lassen sich Mischformen festhalten, die mehrere der zuvor genannten drei Typen enthalten [67] [79].

1.4.1.4 Flow-through, supercharged, und turbocharged-Lappen

Das Prinzip des Durchflusslappens (=flow-through flap) besteht aus der gleichzeitigen Anastomose des proximalen und distalen Anteils des Gefäßstiels der freien Lappenplastik an die Umgebungsgefäße. So können mit einem operativen Eingriff sowohl fehlende Gefäßabschnitte ersetzt, als auch ein größerer Weichteildefekt gedeckt werden [19]. Beispielhaft wäre der Durchflusslappen des M. latissimus dorsi als gängige Variante zu nennen [101]. Supercharged-Lappen stellen freie Lappenplastiken dar, die zusätzlich durch einen zweiten externen Gefäßast versorgt werden. Turbocharged-Lappen werden ebenfalls durch zwei arterielle Gefäßäste versorgt, wobei beide Gefäße entweder von derselben Quelle abstammen oder das zweite Gefäß mithilfe eines Veneninterponates ergänzt wird [43].

1.5 Mikrochirurgische Anastomosen

Die Verwendung mikrochirurgischer Anastomosen ist aus zahlreichen chirurgischen Fachdisziplinen wie der Herz-, Neuro-, Transplantations- und insbesondere der plastischen Chirurgie nicht mehr wegzudenken. Der stetigen Verbesserung und Weiterentwicklung des Verfahrens ist es zu verdanken, dass heutzutage Arterien, Venen, Nerven und Sehnen unter Zuhilfenahme von Mikroskopen verbunden werden können. Erst mit Etablierung mikrochirurgischer Anastomosetechniken entstand die Möglichkeit der freien Lappenplastik.

Die standardisierte mikrovaskuläre Anastomose erfolgt mit Einzelknopfnähten. Jedoch kann diese Nahttechnik Gefäßstenosen oder Endotheltraumata hervorrufen. Daher wurden neuere Systeme erprobt, um die Anastomose langfristig möglichst sicher zu machen [4]. Hierbei existieren mechanische Anastomosehilfen, Klebstoff-, Laser-, Stapler- und Clips-Verfahren. Als mechanische Hilfen werden Ringe, Hülsen oder Stents verwendet [135]. Als Klebstoffe werden Fibrinkleber und Cyanoacrylate verwendet [23]. Die Lasertechnik stellt ein Hybridverfahren dar. Hierbei werden Einzelknopfnähte zusätzlich mit Laserstrahlung verbunden [140]. Stapler und Coupler

funktionieren wie Heftklammern, die die beiden zu anastomosierenden Gefäße von zwei Seiten fassen und verbinden [89].

1.6 Supermikrochirurgie

Aus der anfänglichen Mikrochirurgie entwickelte sich im Zuge des technischen Fortschrittes mit zunehmend feineren und präziser einsetzbaren Instrumenten die „Supramikrochirurgie“ [78]. Nach erstmaliger Erwähnung des Begriffs durch Koshima im Jahr 2002, einigte man sich nach einem Konsensus von 2014 in Barcelona über den Ausdruck „Supermikrochirurgie“. Hierbei werden Gefäßstrukturen von einem Durchmesser von nur 0,3 bis 0,8 mm anastomosiert [91]. Mit Etablierung der präoperativen CT-Angiographie zur sicheren Detektion von Perforatorgefäßen bei freien Lappenplastiken ist die Supermikrochirurgie, vor allem in der Lymphchirurgie, immer zuverlässiger einsetzbar [8]. Zukunftsweisendes Ziel der Supermikrochirurgie ist, die wichtige Rolle des Gefäßes dahingehend zu minimieren, dass nicht mehr das zu anastomosierende Gefäß, sondern das benötigte Gewebe an sich, im Vordergrund steht [72].

1.7 Anatomie und Operationstechnik des ALT-Lappens

Song und Mitarbeiter erwähnten den „anterolateral thigh flap“ (ALT-Lappen) erstmalig im Jahr 1984 [125]. Der ALT-Lappen nahm zunächst im asiatischen Raum und später auch weltweit eine beachtliche Entwicklung hin zu einem der am meisten verwendeten Perforatorlappen zur Deckung von Gewebedefekten (siehe Abb. 4) in der rekonstruktiven Chirurgie [85].

Gewebedefekt am linken Außenknöchel:



Abbildung 4: Das präoperative Bild zeigt einen 6x7cm großen eitrig infizierten Weichteildefekt mit glatten Wundrändern

Dieser fasziocutane Perforatorlappen zeichnet sich durch eine niedrige Hebestellenmorbidity und seiner facettenreichen Anwendungsmöglichkeiten aus. So können sowohl Oberschenkelnahe Gewebedefekte lokal gestielt gedeckt werden, als auch weiter entfernt liegende Hautareale mit einer freien mikrovaskulär anastomosierten ALT-Lappenplastik versorgt werden.

Bezüglich der Blutversorgung lässt sich festhalten, dass aus der Arteria iliaca externa die A. femoralis entspringt, aus welcher sich wiederum die A. profunda femoris abzweigt. Diese lässt die A. circumflexa femoris lateralis folgen, dessen deszendierender Ast die arterielle Versorgung der ALT-Lappenplastik über Perforatoren gewährleistet. Die Hebestelle des ALT-Hautlappens liegt zwischen dem lateralen Rand des Musculus vastus lateralis und dem medialen Rand des Musculus rectus femoris (siehe Abb. 5). Die Perforatoren befinden sich im Umkreis von etwa 3 bis 5 cm auf halber Strecke zwischen der vorderen Darmbeinschaukel (Spina iliaca anterior superior) und dem äußeren oberen Patellarand [13].

Orientierungslinien am linken vorderen Oberschenkel:



Abbildung 5: Markierung des zu hebenden ALT-Lappens und der mittels Doppler-Sonographie bestimmten Perforatorgefäße (Universitätsklinikum Leipzig)

Intraoperativ entnommener ALT-Lappen:



Abbildung 6: Auf grünem OP-Tuch ausgelegter ca. 7 x 15cm großer freier ALT-Lappen im operativen Setting (Universitätsklinikum Leipzig)

Unter Zuhilfenahme der Doppler- oder Duplexsonographie werden die vorhandenen Perforatoren aufgesucht und zusätzlich zum ellipsenförmigen ALT-Lappen angezeichnet. Die Hautinsel wird stets auf den akustisch am besten hörbaren Perforator zentriert. Nun kann die Hebung des Gewebelappens erfolgen. Generell erfolgt zum Schutz der Perforatorgefäße der A. circumflexa femoris lateralis die Inzision auf der medialen Markierungsseite. Um einen möglichst großen Durchmesser und eine geeignete Stiellänge des Gefäßes zu erreichen, wird ein passender Perforator aufgesucht, der retrograd durch die Muskulatur hindurch bis zum ursprünglichen Gefäß frei präpariert wird. Nun kann zwischen septo-, muskulo- und direkt kutanen Varianten unterschieden werden. Nach mikrovaskulärer Anastomosierung des ALT-Lappens in das Empfängergebiet, kann nach einiger Zeit auch der Lappen an die neue Umgebung angepasst werden. So besteht die Möglichkeit der Lappenausdünnung unter Berücksichtigung der Unversehrtheit des subdermalen Plexus. Hierfür wird der Erhalt einer 2 cm breiten Fettschicht um den Eintritt des Perforators empfohlen [13]. Bis zu einer Hebedefektausbreitung von 8 bis 10 cm wird der Hautbereich primär verschlossen. Größere Areale werden mithilfe von Spalthauttransplantationen oder VAC („vacuum assisted closure“) Verbänden behandelt [103]. So werden größere Hebedefekte, die primär nicht mehr verschlossen werden können, unter Zuhilfenahme des ALT-Lappens gedeckt (siehe Abb. 7).

Postoperatives Bild des versorgten Weichteildefekts am linken Außenknöchel:



Abbildung 7: Der mikrovaskulär anastomosierte 7 x 15cm große ALT-Lappen

1.8 Anatomie und OP-Technik des M. latissimus dorsi Lappens

Iginio Tansini beschrieb 1896 und transplantierte 1906 erstmals einen M. latissimus dorsi Lappen [95]. Nach der ersten mikrovaskulär frei transplantierten Lappenvariante im Jahr 1976 durch Maxwell entwickelte sich der freie M. latissimus dorsi Lappen zu einem der am häufigsten verwendeten freien Lappenarten in der heutigen plastischen Wiederherstellungschirurgie [66]. Diese eignet sich insbesondere bei großvolumigen Gewebedefekten. Lokal gestielt findet diese Lappenart z. B. bei Behandlung einer Sternumosteomyelitis nach erfolgreicher Bypass-OP oder bei Brustrekonstruktion nach Tumorsektion seine Verwendung [34]. Auch als freie mikrovaskulär anastomosierte Variante, ist der M. latissimus dorsi Lappen auf der gesamten Körperoberfläche einsetzbar [103]. Aus der Arteria axillaris zweigt sich die A. subscapularis ab, die wiederum die A. thoracodorsalis als langen Ast nach kaudal entlang des M. latissimus dorsi abgibt (siehe Abb. 8). Hiervon gehen Perforatoren in die Haut, sodass eine Entnahme des Muskels mit Hautinsel möglich ist. Durch die Abzweigung der A. subscapularis kann man die Scapula als scapulären oder parascapulären Lappen entnehmen. Ebenso gelingt auch eine Entnahme des M. serratus anterior über den entsprechenden arteriellen Versorgungsast. Die Rippe wird mithilfe des versorgenden arteriellen Gefäßes und der daraus entstehenden Knochenvascularisation entnommen.

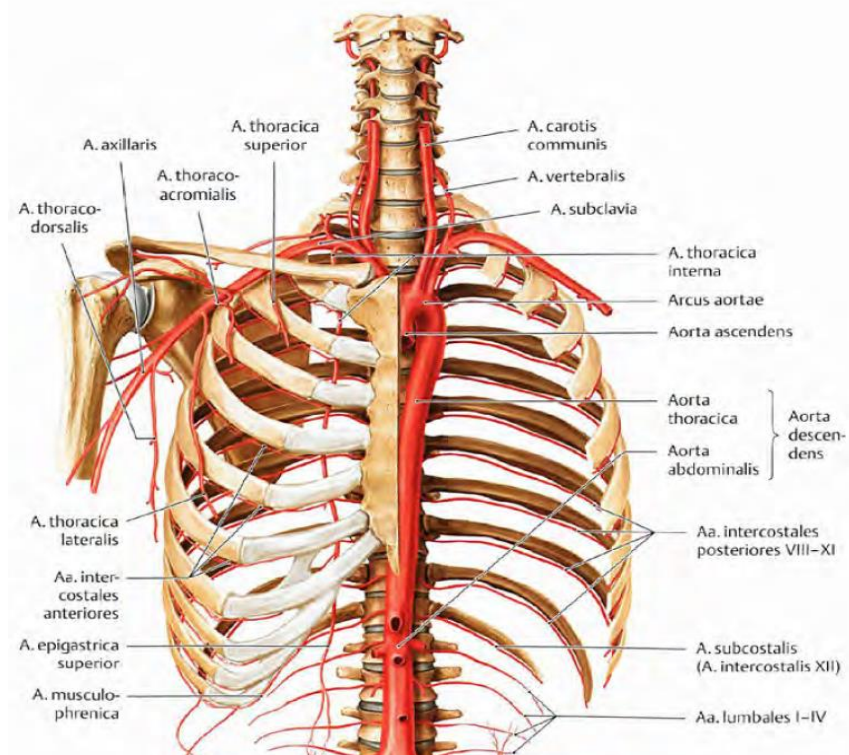


Abbildung 8: Verlauf der Arteria thoracodorsalis [119]

Zur Hebung des Lappens wird der Patient in Halbseiten- oder Seitenlage gebracht und der ipsilaterale Arm in einer 90°-Abduktionsposition fixiert (siehe Abb. 9). Nach Markierung des vorderen Randes des M. latissimus dorsi, erfolgt ein L-förmiger Hautschnitt, der etwa 10 bis 12 cm von der mittleren Axillarfalte nach kaudal zur dorsal liegenden Muskelsehne verläuft. Danach kann die Entnahme des Lappengewebes erfolgen. Hierzu wird der nun sichtbare vordere Muskelrand mithilfe stumpfer Haken zurück gehalten, um unter Berücksichtigung des Verlaufs der A. thoracodorsalis und deren Begleitstrukturen, den angehobenen M. latissimus dorsi Lappen scharf und stumpf beckenwärts zugänglich zu machen. Bei gleichzeitigem Abklemmen der Gefäßversorgung kann nun zur Hebung des Muskels die Inzision der Fascia thoracolumbalis erfolgen. Hierzu wird zunächst der Ursprung durchtrennt, um den Muskel dann von distal nach proximal zu heben [13].

Intraoperatives Bild des Patienten in Seitenlage bei Entnahme der Lappenplastik:



Abbildung 9: Hebung des freien M. latissimus dorsi Lappens (Uniklinik Leipzig)

1.9 Operationsindikationen

Freien Gewebetransfers können Ursachen unterschiedlicher Genese vorangehen. Das breite Indikationsspektrum wird eingeteilt in akute und chronische Weichteilschäden, die durch Traumata, Infektionen oder nach Tumorleiden und anschließender onkologischer Resektion entstanden sind [72]. Jedoch lassen sich diese drei Ursachen nicht strikt kategorisch differenzieren, da eine Ursache die andere auslösen oder beeinflussen kann. So kann sich in Folge eines polytraumatischen Geschehens postoperativ eine Infektion im Bereich des Weichteilschadens entwickeln. Andererseits kann sich das bestrahlte Gebiet nach einer Radiotherapie bei Zustand nach onkologischer Tumorsektion infizieren und eine Indikation zur freien Lappenplastik darstellen.

2 Zielsetzung der Dissertation

Trotz sehr fortgeschrittener mikrochirurgischer Operationstechniken entstehen immer wieder Durchblutungsstörungen der freien Lappenplastiken, die partielle oder komplette Nekrosen zur Folge haben. Ziel dieser retrospektiven Dissertation ist die analysierende Nachuntersuchung der Auswirkungen des gewählten operativen Verfahrens bezüglich verwendeter Lappenart und Anzahl der arteriellen und venösen Anastomosen auf den postoperativen Verlauf, im Hinblick auf Erfolgs- und Komplikationsrate, die Größe der Lappennekrose, mögliche Revisionsoperationen oder Wundheilungsstörungen. Dies wird mit einer Nachuntersuchungszeit von drei bis 12 Monaten analysiert. Hierfür wird vorab ein Risikoprofil der Patienten bestehend aus Body-Mass-Index, Alter, Nikotinabusus, Diabetes Mellitus und OP-Dauer erstellt, um mögliche Korrelationen mit einer postoperativen Lappennekrose zu erkennen und einen prädiktiven Aussagewert zu ermöglichen über folgende Leitfragen:

- Gibt es hinsichtlich unseres Patientenkollektivs signifikante Risikofaktoren, die die Erfolgsrate von freien Lappenplastiken senken können?
- Profitieren Patienten signifikant mehr von einer bestimmten Anastomosetechnik?
Der Vergleich zwischen einer End-zu-End und einer End-zu-Seit Anastomose und zwischen einer und zwei Venen oder Arterien.
- Wie hoch ist die Komplikationsrate unseres Patientenkollektivs nach freier Lappenplastik?

3 Material und Methoden

3.1 Art der klinischen Studie

Bei dieser Dissertation handelt es sich um eine retrospektive Beobachtungsstudie, da mögliche Risikofaktoren und postoperative Folgen anhand zu Studienbeginn zur Verfügung stehender Patientendaten ausgewertet werden [38]. Von großem Vorteil war der Zeitgewinn während der anfänglichen Datensammelungsphase, da alle benötigten Patientendaten strukturiert im Intranet des Universitätsklinikums Leipzig zugänglich waren. Ein Nachteil hierbei war, dass alle Datensätze bereits in der Vergangenheit erhoben wurden und bei vereinzelt fehlenden Daten das Patientenkollektiv bei der jeweiligen Auswertungskategorie marginal gesunken ist.

3.2 Patientenkollektiv

In dieser retrospektiven Studie wurden von Mai 2012 bis Oktober 2017 in der Abteilung für Plastische, Ästhetische und Spezielle Handchirurgie des Universitätsklinikums Leipzig (unter Leitung von Prof. Dr. S. Langer) 193 freie Lappenplastiken bei 177 Patienten operiert.

3.3 Untersuchungsmethoden

Alle 177 studienrelevanten Patienten wurden, vor Beginn der Recherche im SAP (Systeme, Anwendungen, Produkte) -internen Dokumentationssystem „Data Warehouse“ des Universitätsklinikums Leipzig identifiziert. Zunächst wurde eine Microsoft Excel-Tabelle mit allen relevanten Parametern erstellt. Nach detaillierter Durchsicht aller Arztbriefe, Operationsberichte, Vor- und Nachuntersuchungsbefunde wurden alle entscheidenden Patienteninformationen in die jeweiligen Excel-Tabellenspalten übertragen, um eine übersichtliche Bearbeitung zu ermöglichen. Die Daten der Nachuntersuchung wurden nicht persönlich, sondern mithilfe des klinikinternen Informationssystems „SAP“ in einem Zeitraum von drei bis 12 Monaten erhoben. Nach Abschluss der statistischen Auswertung wurde mit Hilfe der Datenbank „Pubmed“ nach aktueller Fachliteratur recherchiert. Die relevanten Quellen wurden dann über das Literaturverwaltungsprogramm „Citavi for Windows“ (Version: 5.7.1.0) in diese Dissertation eingefügt.

3.4 Untersuchungsparameter

Die nachfolgenden Parameter wurden zur späteren statistischen Auswertung von allen Patienten aus den vorliegenden Patientenakten erhoben. Vereinzelt lagen bestimmte Werte nicht vor, so dass diese Patienten bei der anschließenden Auswertung einzelner Parameter nicht berücksichtigt werden konnten.

3.4.1 Demographische Daten

- Vor- und Nachname

Die Namen werden aus Datenschutzgründen zur statistischen Auswertung umkodiert.

- Geschlecht

Die Information „männlich“ oder „weiblich“ wurde aus der Patientenakte entnommen.

- Geburtsdatum und Lebensalter

Aus dem Geburts- und Operationsdatum wurde das Lebensalter der Patienten, bezogen auf den Tag der Deckung des Gewebedefekts durch eine freie Lappenplastik, berechnet.

3.4.2 Klinische Größen

- Haupt- und Nebendiagnosen
- Körpergröße
- Körpergewicht
- Body-Mass-Index

Der Body-Mass-Index wird mithilfe dem Körpergewicht und dem Quadrat der Körpergröße errechnet [138].

$$BMI = \frac{\text{Körpergewicht in kg}}{(\text{Körpergröße in m})^2}$$

3.4.3 Risikofaktoren

- Erhöhtes Lebensalter über 60 Jahren

Bei der Aufteilung des Patientenkollektivs in zwei Gruppen mit jüngeren und älteren Patienten wurde die Klassifikation der Weltgesundheitsorganisation (WHO)

berücksichtigt. So zählen alle Personen ab 60 bis 75 Jahren zu den „älteren Menschen“ und alle Personen ab dem 76. bis zum 90. Lebensjahr zu der Gruppe der „alten Menschen“ [5] [136].

- Arterielle Hypertonie

Arterielle Hypertonie liegt vor wenn ein Blutdruck von mindestens 140/90 mmHg vorliegt und Antihypertensiva eingenommen werden [137].

- Body-Mass-Index

Von allen Patienten, bei denen zum Operationszeitpunkt Körpergewicht und Körpergröße vorlag, wurde der BMI-Wert errechnet. Dadurch konnten die Patienten in drei Kategorien eingeteilt werden [145].

- Normalgewicht: BMI 18,5 – 24,9
- Übergewicht: BMI 25 – 29,9
- Adipositas: BMI ab 30

- Nikotinabusus

Ein Nikotinabusus bestand, sobald Patienten bei der Anamnese angeben Raucher zu sein. Hierbei ist die Menge und Häufigkeit, also die Angabe in „pack years“, außen vor gelassen, da dies bei vielen Patienten nicht bestimmbar war.

- Diabetes Mellitus

Ein Diabetes Mellitus lag vor, wenn in der Patientenakte die Diagnose vermerkt war.

3.4.4 Prä-, peri- und postoperative Daten

- Operationsdauer

Die Operationsdauer wird am deutlichsten mit der Schnitt-Naht-Zeit wiedergegeben. Diese wurde aus dem jeweiligen Operationsbericht entnommen und in unter 3, 3-4, 4-5, 5-6, 6-7, 7-8, und über 8 Stunden eingeteilt.

- Hebestellenmorbidity

Alle 193 freien Lappenplastiken wurden auf Wundheilungsstörungen, Hämatome und sonstigen Auffälligkeiten hin untersucht. Die Daten wurden aus der jeweiligen Patientenakte entnommen.

- Empfangsstelle der freien Lappenplastik

Die Empfangsstelle wird unterteilt in Oberkörper und Unterkörper beginnend am Becken.

- Oberkörper: Kopf, Rumpf bis zur Ellenbeuge
distal der Ellenbeuge
- Unterkörper: Becken bis Kniegelenk
distal des Kniegelenks

- Art und Größe des Hautlappens

Die Größe der freien Lappenplastik wurde in Quadratzentimetern angegeben ($\text{cm} \cdot \text{cm} = \text{cm}^2$).

- Zeit seit der Verletzung/letztes Débridement bis zur freien Lappenplastik

Diese Zeitspanne wurde unterteilt in drei Patientengruppen die jeweils innerhalb der ersten drei Tage, zwischen dem 3. und 14. Tag und erst ab dem 15. Tag eine freie Lappenplastik erhalten haben.

- Mikrochirurgie

Hauptaugenmerk lag auf die mikrovaskuläre Anastomosierung, d.h. die Anzahl der anastomosierten Arterien und Venen und die jeweilige Art der Anastomosierung. Hier wird zwischen der End-zu-End-, und der End-zu-Seit-Anastomose differenziert.

- OP-Datum, Wochentag, OP-Team (plastische Chirurgen)

Der genaue Operationstag und die Anzahl der Mitglieder des chirurgischen Teams wurden notiert.

- stationäre Verweildauer

Es wurde die Zeitspanne ab dem ersten Tag der stationären Einweisung bis zur Entlassung des Patienten erfasst. Oft wurde die freie Lappenplastik erst zu einem späten Aufenthaltszeitpunkt als medizinische Leistung in Betracht gezogen.

- Kostenträger

Die Kostenträger aller frei transplantierten Lappenplastiken werden nach Arbeitsunfällen und allen anderen Unfallereignissen unterschieden und danach grafisch dargestellt. Die Berufsgenossenschaft (BG) finanziert im Falle eines Arbeitsunfalls die entstandenen Kosten. Für alle anderen Unfälle tritt die jeweils zuständige Krankenkasse ein.

- Komplikationen

Es werden sowohl die Hebestellenmorbidity, als auch die Komplikationen an der Empfängerstelle erfasst. An der Empfängerstelle wird zusätzlich zwischen Minor- und Majorkomplikationen unterschieden.

- Revisionen, Revisionszeitpunkt

Folgende freie Lappenplastiken wurden im Auswertungszeitraum von Mai 2012 bis Oktober 2017 im Universitätsklinikum Leipzig in angegebener Häufigkeit eingesetzt:

- 100x Anterolateraler Oberschenkellappen (ALT)
- 75x Musculus latissimus dorsi Lappen
- 6x Lateraler Oberarmlappen
- 5x Deep Inferior Epigastric Artery Perforator Lappen (DIEAP)
- 3x Vastus lateralis Lappen
- 1x Rectus femoris Lappen
- 1x Rectus abdominis Lappen
- 1x Gracilislappen
- 1x Parascapularlappen

Im interdisziplinären Brustzentrum der Universitätsklinik Leipzig werden zusätzlich operative Brustrekonstruktionen durch das Team der plastischen Chirurgen um Prof. Dr. med. Stefan Langer durchgeführt. Diese sind jedoch nicht Bestandteil dieser Studienauswertung, da es sich hierbei um Elektiveingriffe handelt. Ebenso verhält es sich mit durchgeführten Transplantationen von Knochengewebe. Diese sind auch nicht Teil dieser statistischen Auswertung, da die Lappendurchblutung nicht immer einheitlich kontrollierbar ist.

- Gleichzeitige unfallchirurgische Versorgung

Es wird die Komplikationsrate zwischen zwei Patientengruppen verglichen. Patienten die nur einen freien Gewebettransfer erhalten haben und welche, die zusätzlich entweder gleichzeitig oder sequentiell osteosynthetisch versorgt wurden.

- Lernkurve

Es wird anhand der Komplikationsrate der freien Lappenplastiken untersucht, ob sich in den Jahren 2012 bis 2017 ein dynamischer Prozess erkennen lässt. Die Lernkurve zeigt graphisch den Entwicklungsprozess eines Probanden, wenn dieser ohne Vorkenntnisse versucht selbstständig eine neue praktische Tätigkeit zu erlernen, um diese möglichst sicher zu beherrschen. Dabei wird die eine Achse der Grafik mit der Anzahl der hierfür benötigten Wiederholungen, und die andere Achse mit der benötigten Operationszeit, oder mit der Komplikationsrate beschriftet [18].

3.4.5 Patientenspezifische Risikofaktoren

In dieser Arbeit soll untersucht werden, ob bestimmte patientenbezogene Risikofaktoren wie z.B. ein erhöhtes Lebensalter (≥ 60 Jahre), Nikotinabusus, Adipositas ($\text{BMI} \geq 30$), Diabetes Mellitus oder arterielle Hypertonie signifikant Einfluss nehmen auf das erfolgreiche Gelingen der freien Lappenplastik. Hierbei werden sowohl einzelne Risiken für sich, als auch durch mehrere Faktoren bedingte Risikokombinationen analysiert. Es werden, je nach Anzahl vorhandener Risiken, drei Gruppen gebildet:

- Gruppe 1: Patienten ohne Risikofaktoren
- Gruppe 2: Patienten mit bis zu 2 Risikofaktoren
- Gruppe 3: Patienten mit 3 oder mehr Risikofaktoren

3.4.6 Zeitspanne von Ursache bis Therapie mit freier Lappenplastik

Komplexe Traumata, Infektionen und onkologische Resektionen können freie Lappenplastiken indizieren. Die Einteilung hierzu gestaltet sich nicht übersichtlich genug, um dies als Grundlage für weitere statistische Auswertungen heranzuziehen. Daher wird die zeitliche Komponente mit in Betracht gezogen, je nach vergangener Zeit vom Zeitpunkt der Verletzung bis zur freien Lappenplastik. Nach onkologischer Resektion wird der Zeitpunkt des letzten Wunddébridements bis zum Tag des

operativen Eingriffs gewertet. Mit dieser Überlegung wurden Weichteildefekte in drei zeitliche Kategorien eingeteilt:

- Kategorie 1: 0 – 3 Tage
- Kategorie 2: 4 – 14 Tage
- Kategorie 3: ab dem 15. Tag

Ob postoperative Komplikationen in einer dieser drei Zeitspannen signifikant häufiger vorkommen, wird anhand dieser Kategorisierung bei allen akuten und chronischen Weichteildefekten untersucht.

3.4.7 Komplikationen

Hier wird zunächst zwischen der Hebestellenmorbidity und Komplikationen an der freien Lappenplastik differenziert. Alle Komplikationen die während oder nach dem operativen Eingriff entstehen, werden auf Grundlage der jeweiligen Patientenakten mit einer Nachbeobachtungszeit von drei Monaten dokumentiert. An der Lappenplastik wird zwischen Minor- und Majorkomplikationen unterschieden.

- Minorkomplikationen: Wundheilungsstörung, Hämatomausräumung, Sekundärnaht,
- Majorkomplikationen: Anastomosenrevision, Teilnekrose, Lappenverlust

3.5 Statistische Auswertung

Alle Patientendaten wurden in einer Microsoft Excel Tabelle dokumentiert. Sowohl aus datenschutzrechtlichen Gründen, als auch zur besseren statistischen Auswertbarkeit und einfacheren Handhabung wurden die Daten anonymisiert und umkodiert. Nach Fertigstellung der Tabelle wurden die Datensätze mit allen Untersuchungsparametern mit Hilfe von SPSS für Windows, Version 24.0 (SPSS Inc., Chicago IL) einer statistischen Auswertung unterzogen. Die Darstellung der metrischen Variablen erfolgte als Mittelwerte und Mediane, während die Streumaße als Standardabweichungen und Quartile angegeben wurden. Die kategorisierten bzw. nominalen Daten wurden als absolute und relative Häufigkeit angegeben.

Die metrischen Variablen (hier nur Lappengröße in cm²) wurden mittels des Kolmogorow-Smirnow-Tests hinsichtlich ihrer Normalverteilung überprüft. Bei dem Vergleich der Stichproben bzgl. der Lappengröße (cm²) wurde daher ein nichtparametrischer Test für nicht normalverteilte Stichproben herangezogen (im vorliegenden Fall der Kruskal-Wallis-Test bei mehr als zwei unabhängigen Stichproben). D.h. beim Vergleich von mehr als zwei unabhängigen, nicht normalverteilten Stichproben (im vorliegenden Fall drei unabhängige Stichproben: Keine, teilweise und komplette Lappennekrose) wurde der H-Test nach Kruskal und Wallis eingesetzt.

Die kategorisierten Daten hingegen wurden mit Hilfe des Chi-Quadrat-Tests bzw. des exakten Tests nach Fisher ausgewertet. Für alle verwendeten statistischen Tests wurde ein p-Wert <0,05 als statistisch signifikant angenommen.

Als multivariate Analyse wurde eine binäre logistische Regression mit Vorwärtseinschluss unter Verwendung des Likelihood-Ratio-Kriteriums (Einschluss p-Wert $\leq 0,05$; Ausschluss p-Wert $> 0,1$) durchgeführt. Dabei war die dichotome, abhängige Variable die Lappennekrose (1=ja, 0=nein). Als unabhängige Variable wurden alle anderen in der Arbeit vorkommenden Variablen modelliert.

Die Grafiken wurden ebenfalls mit SPSS erstellt. Zur Darstellung der Mediane und Quartilsabstände wurden Boxplots angefertigt (hier nur für die Lappengröße in cm²). Während in den Boxen der Median sowie die 25.-75. Perzentile aufgetragen sind, entsprechen die T-Balken dem kleinsten und größten Wert, sofern diese keine Ausreißer bzw. Extremwerte sind. Die Ausreißer sind dabei Werte, die zwischen 1 ½ - 3 Boxlängen außerhalb der Box lagen; sie sind in den Grafiken als Kreise dargestellt, während Extremwerte, die mehr als 3 Boxlängen außerhalb der Box gemessen wurden, als Kreuze aufgetragen sind. Die kategorisierten bzw. nominalen Daten wurden grafisch mit Hilfe von gruppierten Balkendiagrammen dargestellt.

4 Ergebnisse

4.1 Patienten

Von Mai 2012 bis Oktober 2017 operierten Ärzte der Abteilung für Plastische, Ästhetische und Spezielle Handchirurgie des Universitätsklinikums Leipzig (unter Leitung von Prof. Dr. Stefan Langer) 193 freie Lappenplastiken bei 177 Patienten. 14 Patienten erhielten zwei freie Lappenplastiken, da die freie Lappenplastik sich im Therapieverlauf avital zeigte. Ein weiterer Patient erhielt drei freie Lappenplastiken mikrochirurgisch operiert.

4.1.1 Patientenkollektiv

Das Patientenkollektiv besteht zu 31% aus Frauen (n=54) und zu 69% aus Männern (n=123). Das Geschlechterverhältnis von Frau zu Mann ist somit 1:2,3.

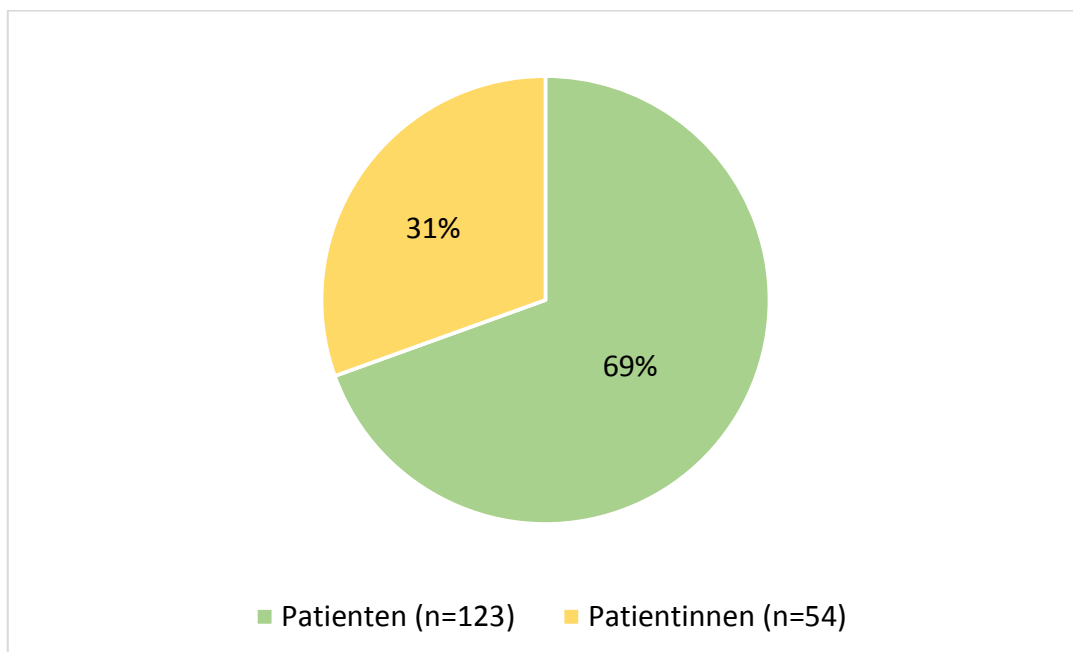


Abbildung 10: Das absolute und prozentuale Geschlechterverhältnis des Patientenkollektivs bestehend aus 177 Personen in Darstellung als Kreisdiagramm

4.1.2 Patientenalter und Geschlechtsverteilung

Das Durchschnittsalter war zum Operationszeitpunkt 56,1 Jahre. Der jüngste Patient war am Operationstag 10-, und der Älteste 89 Jahre alt. Die weiblichen Patientinnen waren im Durchschnitt 62,6 Jahre (28 – 87 Jahre) und die Männer 53,2 Jahre alt (10 – 89 Jahre). Somit waren die Männer am Operationstag im Schnitt etwa 10 Jahre jünger.

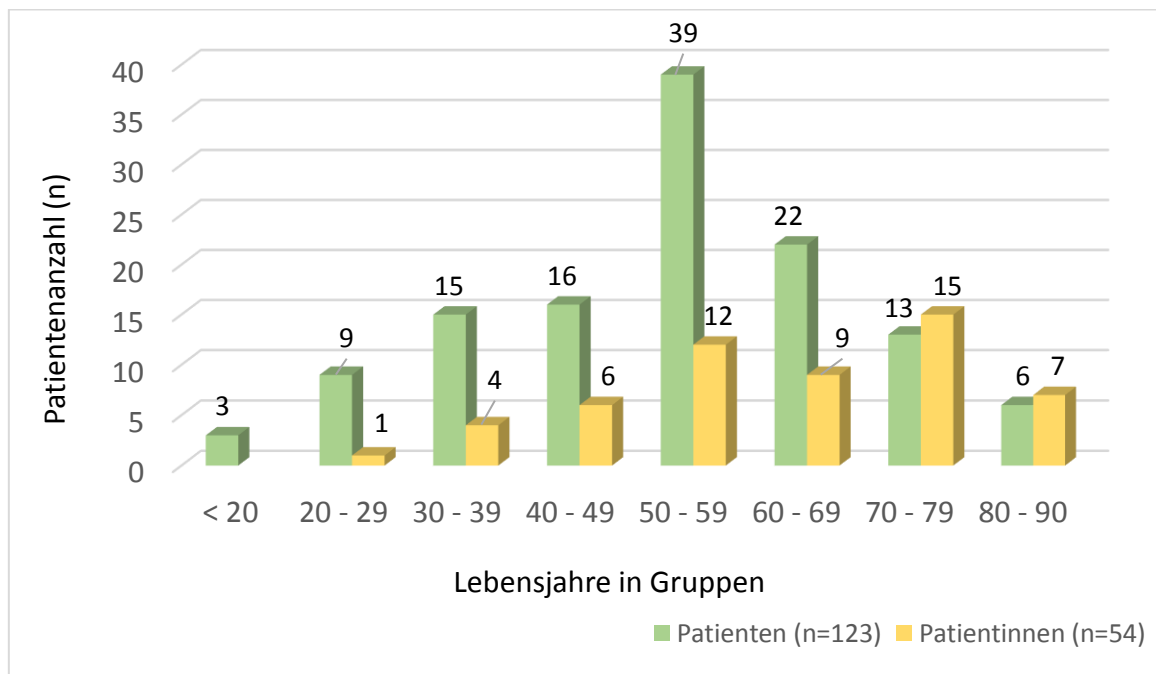


Abbildung 11: Die weibliche und männliche Patientenanzahl ist jeweils auf der x-Achse in Bezug auf das Patientenalter in zehn Jahresabschnitten auf der y-Achse aufgetragen

4.1.3 Lappenentnahmeregion

100 freie ALT-Lappen wurden bei 94 Patienten mit dem Durchschnittsalter von 57,9 Jahren operiert. 6 Patienten bekamen in Folge von Lappennekrosen oder Wundheilungsstörungen erneut eine ALT-Lappenplastik. Insgesamt wurden 65 ALT-Lappen vom linken und 35 ALT-Lappen vom rechten vorderen Oberschenkel gehoben.

Insgesamt 75 freie Musculus latissimus dorsi Lappen wurden bei 68 Patienten zur Defektdeckung eingesetzt. 2 Patienten erhielten jeweils einen zweiten Lappen gleicher Art. Das Durchschnittsalter war 52,8 Jahre. 38 Mal wurde der Musculus latissimus dorsi

Lappen von der linken und 37 Mal von der rechten Seite entnommen. Somit machen der ALT- und der Musculus latissimus dorsi Lappen 90,7 % aller operativen Eingriffe aus.

6 Oberarmlappen wurden bei Patienten mit durchschnittlich 63,4 Jahren operiert. 5 Patienten erhielten DIEP Lappen und drei Patienten wurden mit Vastus Lateralis Lappen versorgt. Jeweils ein m. rectus femoris-, ein m. rectus abdominis-, ein Gracilis- und ein Parascapular Lappen wurden ebenfalls als freie Lappenplastik übertragen.

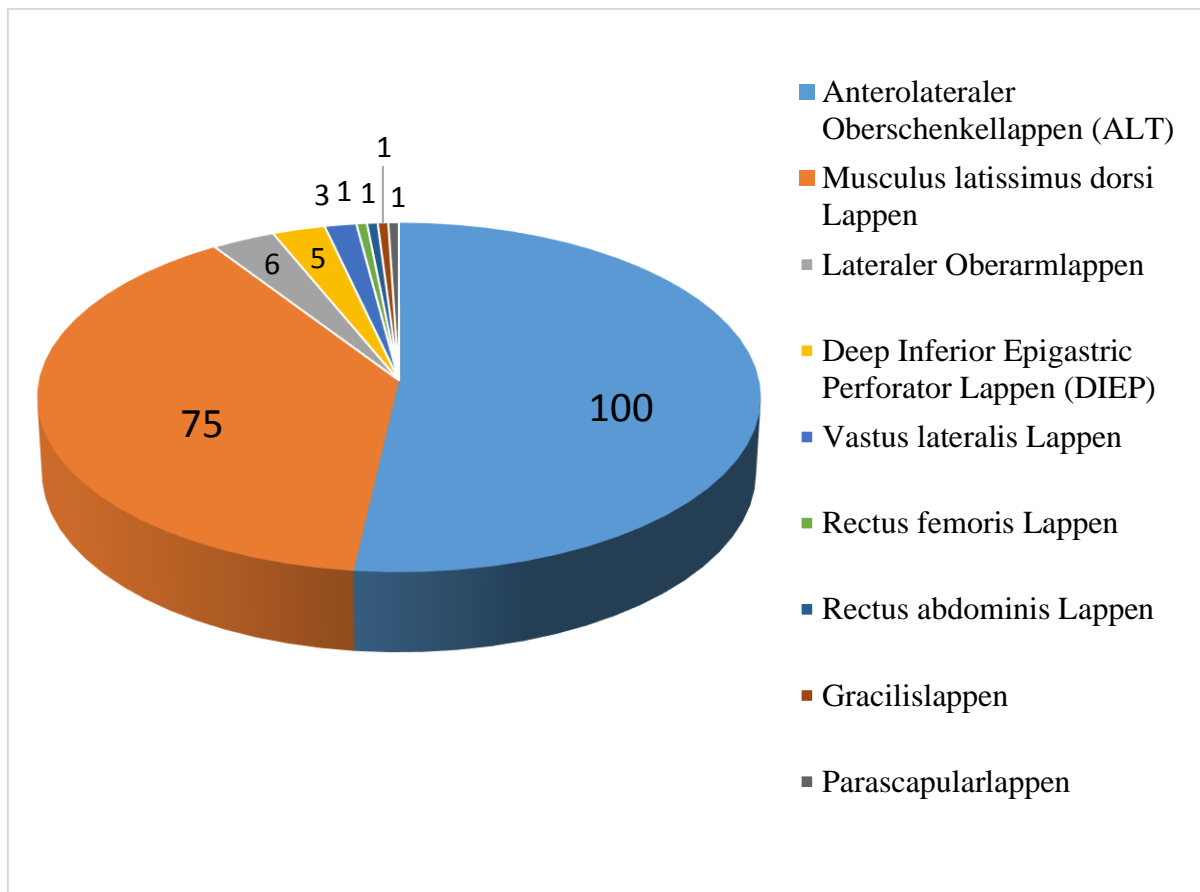


Abbildung 12: Häufigkeit verwendeter freier Lappenplastiken von Mai 2012 bis Oktober 2017 im Universitätsklinikum Leipzig

4.2 Operationsparameter

4.2.1 Operationsdauer

Die Operationsdauer wurde als Schnitt-Naht Zeit definiert und lag bei 191 ausgewerteten Operationsberichten, inklusive der Zeit für Wunddébridements und Osteosyntheseverfahren, bei durchschnittlich 283 (151 - 569) Minuten. Die folgende graphische Darstellung zeigt eine Einteilung aller frei transplantierten Lappen in sieben zeitliche Untergruppen von unter drei Stunden bis hin zu über acht Stunden Operationsdauer. Über 83 Prozent (n=159) der Lappenplastiken wurden innerhalb von drei bis sechs Stunden operiert. 74 Lappen wurden in vier bis fünf Stunden operiert, gefolgt von 49 Lappenplastiken in drei bis vier Stunden und 36 Lappen in fünf bis sechs Stunden.

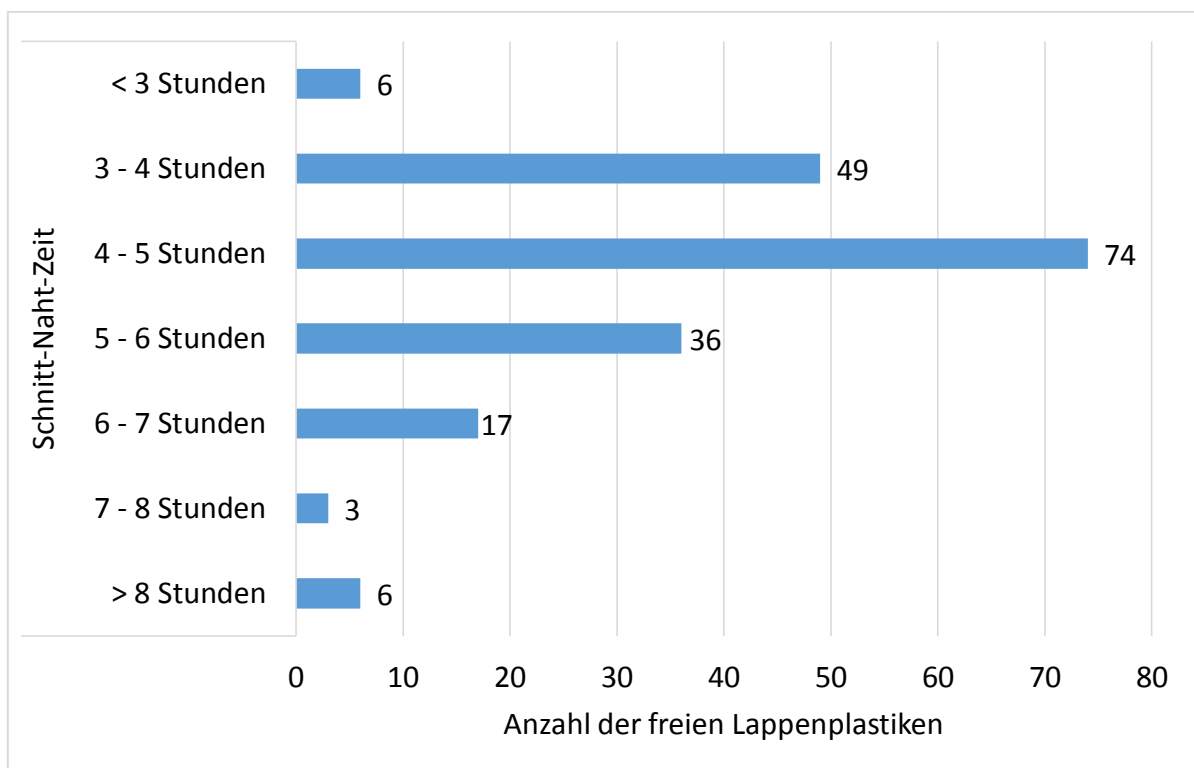


Abbildung 13: Schnitt-Naht Zeiten der freien Lappenplastikoperationen in stündlichen Zeitfenstern von unter drei bis über acht Stunden

4.2.2 Anzahl der mikrovaskulär anastomosierten Blutgefäße

Der erste rote Balken zeigt, dass bei 186 freien Lappenplastiken eine Arterie mikrovaskulär anastomosiert wurde. Bei 7 Operationen wurden jeweils zwei Arterien verwendet. Der erste blaue Balken zeigt, dass in 57 Fällen eine venöse Anastomose zur mikrovaskulären Verbindung verwendet wurde. Bei 136 freien Lappenplastiken wurden zwei Venen anastomosiert.

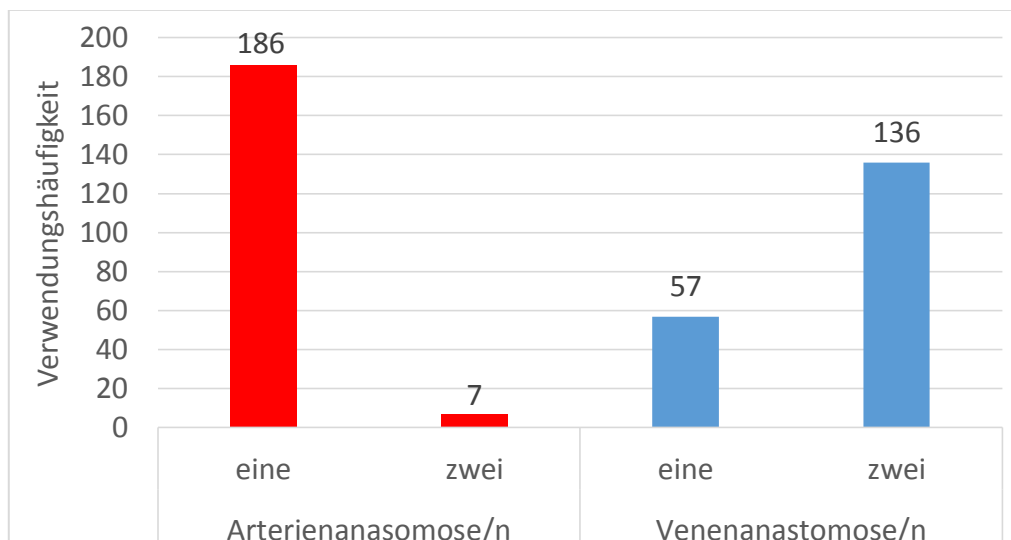


Abbildung 14: Anzahl der jeweils arteriell und venös verwendeten Anastomosen aufgeteilt in jeweils zwei Gruppen mit einer oder zwei Anastomosen

4.2.2.1 Anzahl der anastomosierten Arterien in Bezug auf die Lappennekrose

Die blauen Balken verdeutlichen alle freien Lappenplastiken, die nur mit einer arteriellen Anastomose operiert wurden. Die grauen Balken zeigen alle Eingriffe mit zwei arteriellen Anastomosen. Dies wurde nochmal untergliedert in drei Gruppen von keiner, teilweise aufgetretener oder kompletter Lappennekrose.

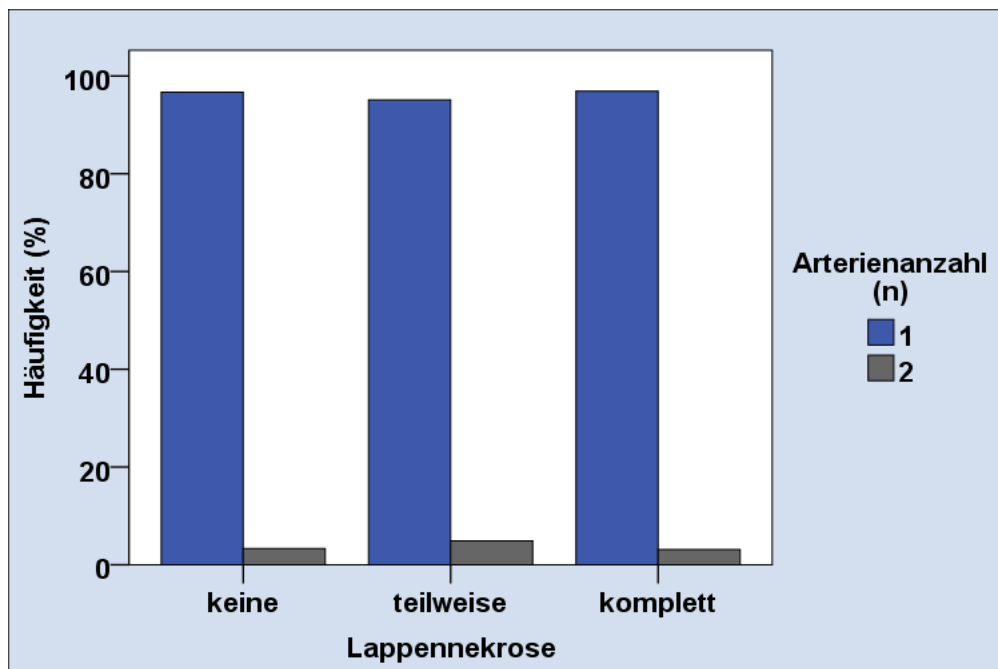


Abbildung 15: Darstellung der prozentualen Häufigkeit der Anzahl der anastomosierten Arterien in Bezug auf keine, teilweise oder komplette Lappennekrose

| | | | Lappennekrose | | | Gesamt |
|-------------------------|---|------------------------------------|---------------|-----------|----------|--------|
| | | | keine | teilweise | komplett | |
| Arterien- anzahl (n) | 1 | Anzahl | 116 | 39 | 31 | 186 |
| | | % innerhalb von Arterienanzahl (n) | 62,4% | 21,0% | 16,7% | 100,0% |
| | | % innerhalb von Lappennekrose | 96,7% | 95,1% | 96,9% | 96,4% |
| | 2 | Anzahl | 4 | 2 | 1 | 7 |
| | | % innerhalb von Arterienanzahl (n) | 57,1% | 28,6% | 14,3% | 100,0% |
| | | % innerhalb von Lappennekrose | 3,3% | 4,9% | 3,1% | 3,6% |
| Gesamt | | Anzahl | 120 | 41 | 32 | 193 |
| | | % innerhalb von Arterienanzahl (n) | 62,2% | 21,2% | 16,6% | 100,0% |
| | | % innerhalb von Lappennekrose | 100,0 | 100,0% | 100,0% | 100,0% |
| | | % | | | | |

| | Wert | df | Asymptotische Signifikanz (zweiseitig) |
|---------------------------|------|----|---|
| Chi-Quadrat nach Pearson | ,236 | 2 | ,889 |
| Anzahl der gültigen Fälle | 193 | | |

a. 3 Zellen (50,0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5.

Tabelle 1: Anzahl der anastomosierten Arterien in Bezug auf keine, teilweise oder komplette Lappennekrose

Es konnte nach statistischer Überprüfung keine signifikante Korrelation zwischen der Anzahl der anastomosierten Arterien und einem Auftreten einer Lappennekrose festgestellt werden ($p=0,889$).

4.2.2.2 Anzahl der anastomosierten Venen in Bezug auf die Lappennekrose

Die blauen Balken verdeutlichen alle freien Lappenplastiken, die nur mit einer venösen Anastomose operiert wurden. Die grauen Balken zeigen alle Eingriffe mit zwei venösen Anastomosen. Dies wurde nochmal untergliedert in drei Gruppen von keiner, teilweise aufgetretener oder kompletter Lappennekrose.

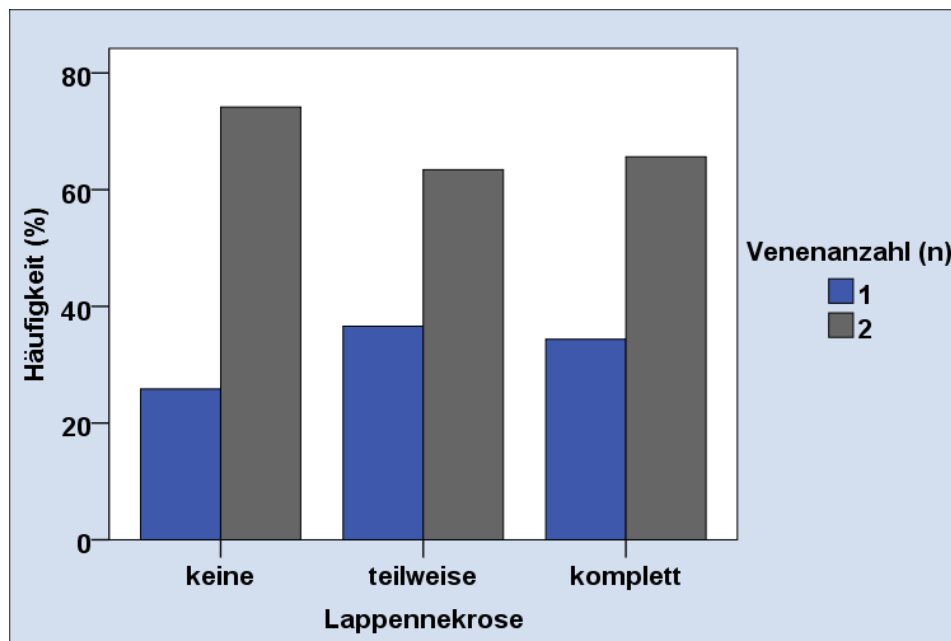


Abbildung 16: Darstellung der prozentualen Häufigkeit der Anzahl der anastomosierten Venen in Bezug auf keine, teilweise aufgetretener oder kompletter Lappennekrose

| | | | Lappennekrose | | | Gesamt |
|----------------------|---|------------------------------------|---------------|-----------|----------|--------|
| | | | keine | teilweise | komplett | |
| Venenan- zahl (n) | 1 | Anzahl | 31 | 15 | 11 | 57 |
| | | % innerhalb von Venenanzahl (n) | 54,4% | 26,3% | 19,3% | 100,0% |
| | | % innerhalb von Lappennekrose | 25,8% | 36,6% | 34,4% | 29,5% |
| | 2 | Anzahl | 89 | 26 | 21 | 136 |
| | | % innerhalb von Venenanzahl (n) | 65,4% | 19,1% | 15,4% | 100,0% |
| | | % innerhalb von Lappennekrose | 74,2% | 63,4% | 65,6% | 70,5% |
| Gesamt | | Anzahl | 120 | 41 | 32 | 193 |
| | | % innerhalb von Venenanzahl (n) | 62,2% | 21,2% | 16,6% | 100,0% |
| | | % innerhalb von Lappennekrose | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% |
| | | | | | | |

| | Wert | df | Asymptotische Signifikanz (zweiseitig) |
|---------------------------|-------|----|--|
| Chi-Quadrat nach Pearson | 2,130 | 2 | ,345 |
| Anzahl der gültigen Fälle | 193 | | |

0 Zellen (0,0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5.

Tabelle 2: Anzahl der anastomosierten Venen in Bezug auf die Lappennekrose

Es konnte keine statistisch signifikante Korrelation zwischen der Anzahl der Venenanastomosen und einem Auftreten einer Lappennekrose festgestellt werden (p=0,345).

4.2.3 Verschiedene Varianten der mikrovaskulären Anastomosierung

Bei 77 Eingriffen wurden Arterien in einer End-zu-End Position mikrovaskulär anastomosiert. 116 Mal wurde die End-zu-Seit Variante zur Arterienverbindung ausgewählt. Venen wurden in 178 Operationen End-zu-End verknüpft, während die End-zu-Seit Alternative nur 15 Mal zum Einsatz kam.

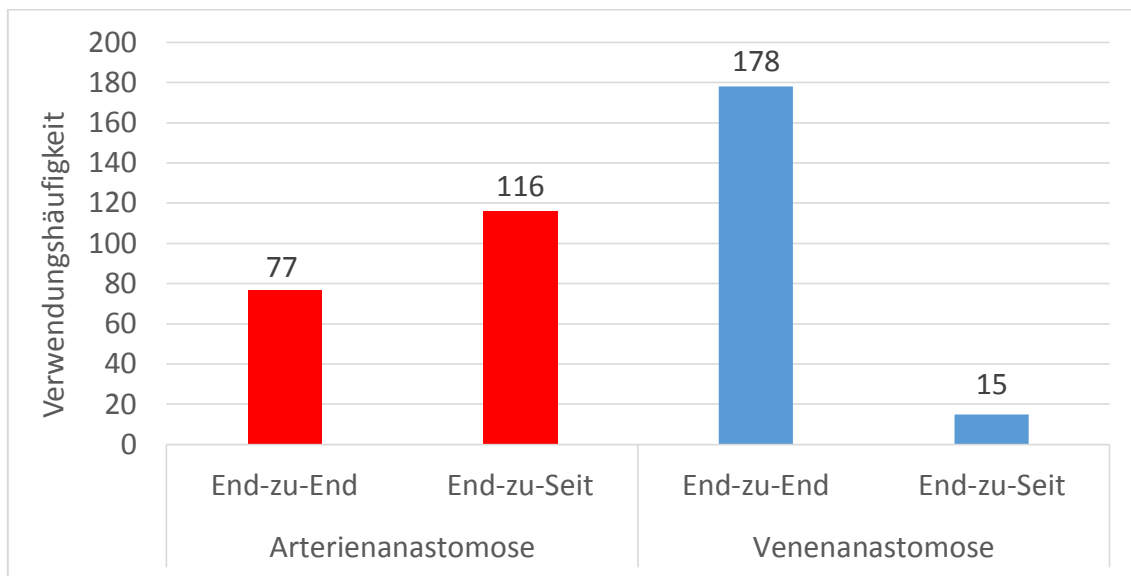


Abbildung 17: Darstellung der Verwendungshäufigkeit von arteriellen und venösen Anastomosen jeweils aufgeteilt in End-zu-End und End-zu-Seit Varianten

4.2.3.1 Art der Arterienanastomose und Lappennekrose

Die Grafik veranschaulicht alle Arterienanastomosen. Die blauen Balken zeigen alle freien Lappenplastiken, die mit einer End-zu-End Arterienanastomose operiert wurden. Die grauen Balken zeigen alle Eingriffe mit arteriellen End-zu-Seit Anastomosen. Dies wurde nochmal untergliedert in drei Gruppen von keiner, teilweise aufgetretener oder kompletter Lappennekrose.

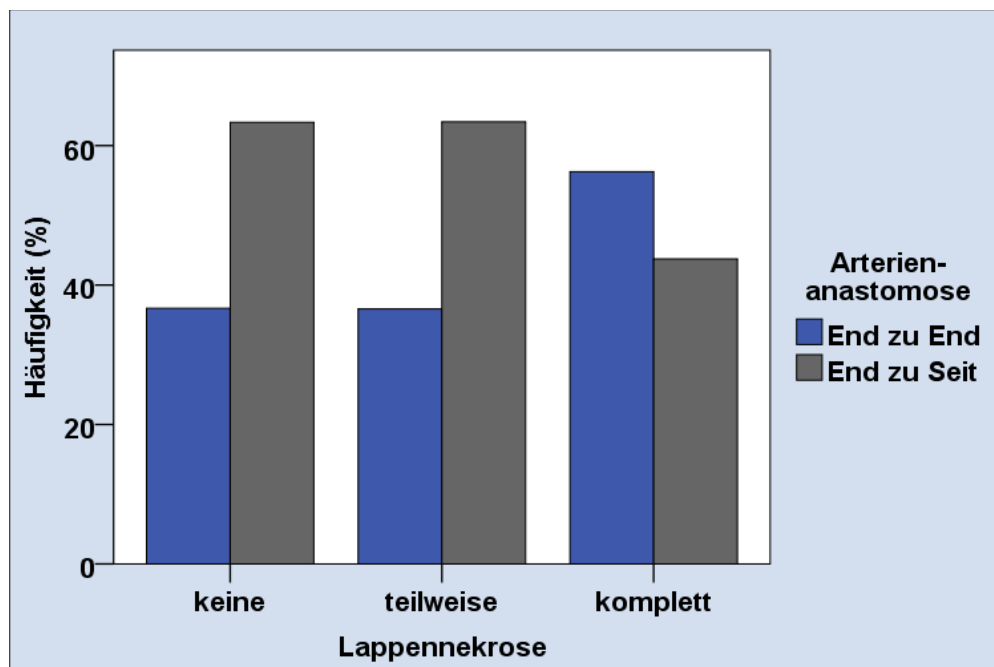


Abbildung 18: Prozentuale Häufigkeit von End-zu-End und End-zu-Seit Arterienanastomosen in Bezug auf keine, teilweise aufgetretener und kompletter Lappennekrose

| Arterienanastomose | | Lappennekrose | | | Gesamt |
|--------------------|------------------------------------|---------------|-----------|----------|--------|
| | | keine | teilweise | komplett | |
| End zu End | Anzahl | 44 | 15 | 18 | 77 |
| | % innerhalb von Arterienanastomose | 57,1% | 19,5% | 23,4% | 100,0% |
| | % innerhalb von Lappennekrose | 36,7% | 36,6% | 56,3% | 39,9% |
| End zu Seit | Anzahl | 76 | 26 | 14 | 116 |
| | % innerhalb von Arterienanastomose | 65,5% | 22,4% | 12,1% | 100,0% |
| | % innerhalb von Lappennekrose | 63,3% | 63,4% | 43,8% | 60,1% |
| Gesamt | Anzahl | 120 | 41 | 32 | 193 |
| | % innerhalb von Arterienanastomose | 62,2% | 21,2% | 16,6% | 100,0% |
| | % innerhalb von Lappennekrose | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% |

| | Wert | df | Asymptotische Signifikanz (zweiseitig) |
|-----------------------------|-------|----|---|
| Chi-Quadrat nach Pearson | 4,278 | 2 | ,118 |
| Anzahl der gültigen Fälle | 193 | | |

a. 0 Zellen (0,0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5.

Tabelle 3: Darstellung der Arterienanastomose aufgeteilt in End-zu-End und End-zu-Seit Varianten in Bezug auf keine, teilweise aufgetretene und komplette Lappennekrose

Bei Gegenüberstellung der arteriellen End-zu-End (n=77) mit der End-zu-Seit (n=116) Anastomose konnte keine signifikante Korrelation zwischen der Art der Gefäßverbindung und dem Auftreten einer Lappennekrose festgestellt werden (p=0,118).

4.2.3.2 Art der anastomosierten Venen und Lappennekrose

Die Grafik veranschaulicht alle Venenanastomosen. Die blauen Balken zeigen alle freien Lappenplastiken, die mit einer End-zu-End Venenanastomose operiert wurden. Die grauen Balken zeigen alle Eingriffe mit venösen End-zu-Seit Anastomosen. Dies wurde nochmal untergliedert in drei Gruppen von keiner, teilweise aufgetretener oder kompletter Lappennekrose.

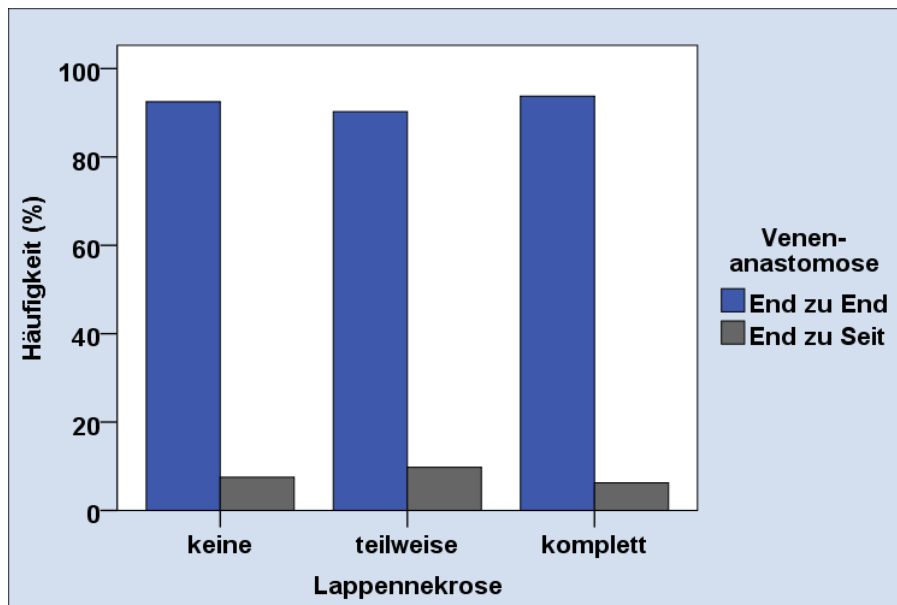


Abbildung 19: Prozentuale Häufigkeit von End-zu-End und End-zu-Seit Venenanastomosen in Bezug auf keine, teilweise aufgetretener und kompletter Lappennekrose

| | | Lappennekrose | | | Gesamt |
|-----------------|---------------------------------|---------------|---------------|----------|--------|
| | | keine | teilweis e | komplett | |
| Venenanastomose | | | | | |
| End zu End | Anzahl | 111 | 37 | 30 | 178 |
| | % innerhalb von Venenanastomose | 62,4% | 20,8% | 16,9% | 100,0% |
| | % innerhalb von Lappennekrose | 92,5% | 90,2% | 93,8% | 92,2% |
| End zu Seit | Anzahl | 9 | 4 | 2 | 15 |
| | % innerhalb von Venenanastomose | 60,0% | 26,7% | 13,3% | 100,0% |
| | % innerhalb von Lappennekrose | 7,5% | 9,8% | 6,3% | 7,8% |
| Gesamt | Anzahl | 120 | 41 | 32 | 193 |
| | % innerhalb von Venenanastomose | 62,2% | 21,2% | 16,6% | 100,0% |
| | % innerhalb von Lappennekrose | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% |

| | Wert | df | Asymptotische Signifikanz (zweiseitig) |
|---------------------------|------|----|--|
| Chi-Quadrat nach Pearson | ,341 | 2 | ,843 |
| Anzahl der gültigen Fälle | 193 | | |

a. 2 Zellen (33,3%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5.

Tabelle 4: Art der Venenanastomose und Lappennekrose

Die Tabelle zeigt sowohl die absolute als auch die prozentuale Anzahl der End-zu-End und der End-zu-Seit Venenanastomosen. Die Art der anastomosierten Venen hat laut dem Chi-Quadrat-Test keinen signifikanten Einfluss auf eine mögliche Lappennekroseform ($p=0,843$).

4.2.4 Zeitspanne von Ursache bis Therapie mit freier Lappenplastik

44 Patienten wurden innerhalb der ersten drei Tage mittels einer freien Lappenplastik plastisch-chirurgisch versorgt. 63 Patienten erhielten zwischen dem 4. und 14. Tag und 86 Patienten erst ab dem 15. Tag einen freien Gewebetransfer. Im Durchschnitt wurde der freie Lappen nach 19,3 Tagen transplantiert.

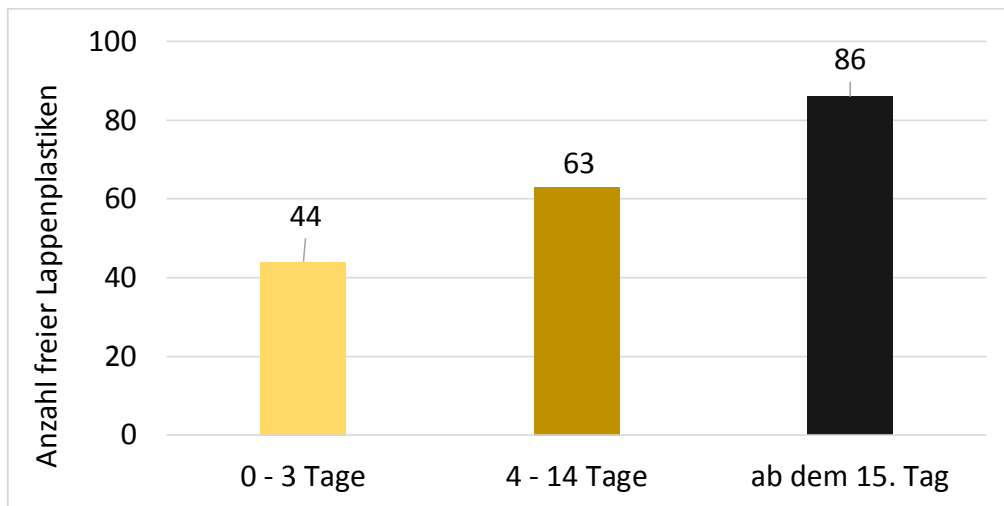


Abbildung 20: Darstellung der Anzahl freier Lappenplastiken im jeweilig operierten Zeitraum von 0 – 3 Tagen, 4 – 14 Tagen und ab dem 15. Tag

Die Grafik zeigt die prozentualen Verhältnisse aller freien Lappenplastiken, aufgeteilt nach dem Zeitpunkt des operativen Eingriffs in Bezug auf die Verletzung, beziehungsweise dem letzten Débridement. Die blauen Balken zeigen jeweils alle Operationen in den ersten 3 Tagen mit keiner, teilweise aufgetretener und kompletter Lappennekrose. Die grauen Balken stellen das Gleiche im Zeitraum vom 4. zum 14. Tag und die rosafarbenen Balken zeigen alle Eingriffe ab dem 15. Tag nach Verletzung oder Débridement.

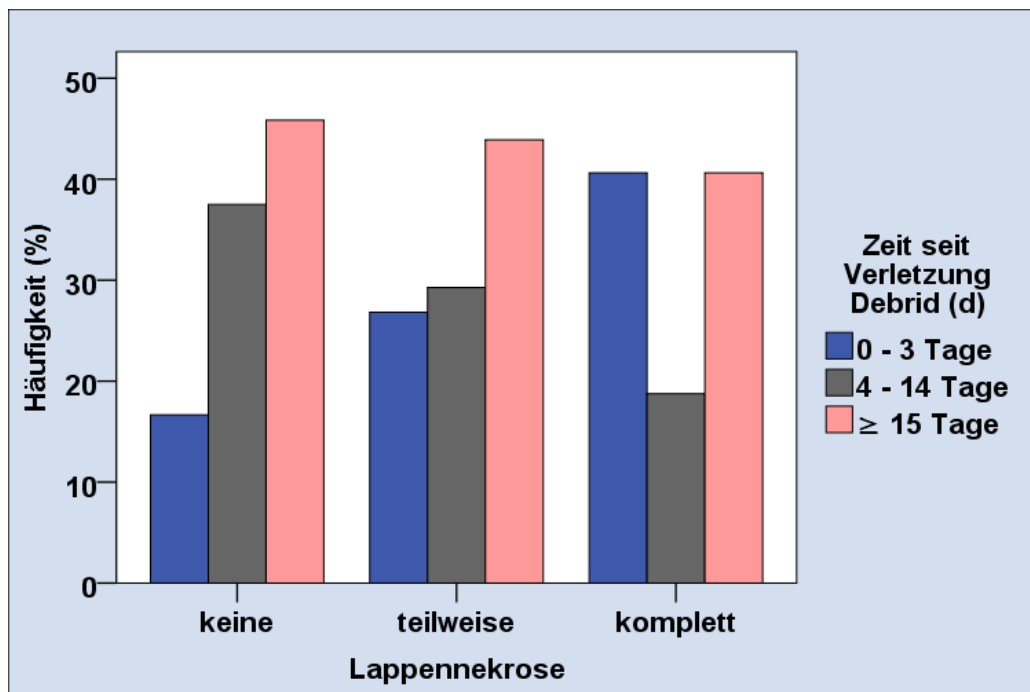


Abbildung 21: Einfluss der vergangenen Zeit seit Verletzung/letztem Débridement in Zeiträumen von 0 - 3 Tagen, 4 – 14 Tagen und ab dem 15. Tag auf das Auftreten keiner, teilweise und kompletter Lappennekrose

| Zeit seit Verletzung/letztem Débridement | | Lappennekrose | | | Gesamt |
|--|--|---------------|-----------|----------|--------|
| | | keine | teilweise | komplett | |
| 0 - 3 Tage | Anzahl | 20 | 11 | 13 | 44 |
| | % innerhalb von Zeit seit Verletzung/ Débridement | 45,5% | 25,0% | 29,5% | 100,0% |
| | % innerhalb von Lappennekrose | 16,7% | 26,8% | 40,6% | 22,8% |
| 4 - 14 Tage | Anzahl | 45 | 12 | 6 | 63 |
| | % innerhalb von Zeit seit Verletzung/ Débridement | 71,4% | 19,0% | 9,5% | 100,0% |
| | % innerhalb von Lappennekrose | 37,5% | 29,3% | 18,8% | 32,6% |
| ≥ 15 Tage | Anzahl | 55 | 18 | 13 | 86 |
| | % innerhalb von Zeit seit Verletzung/ Débridement | 64,0% | 20,9% | 15,1% | 100,0% |
| | % innerhalb von Lappennekrose | 45,8% | 43,9% | 40,6% | 44,6% |
| Gesamt | Anzahl | 120 | 41 | 32 | 193 |
| | % innerhalb von Zeit seit Verletzung / Débridement | 62,2% | 21,2% | 16,6% | 100,0% |
| | % innerhalb von Lappennekrose | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% |

| | Wert | df | Asymptotische Signifikanz (zweiseitig) |
|---------------------------|-------|----|--|
| Chi-Quadrat nach Pearson | 9,793 | 4 | ,044 |
| Anzahl der gültigen Fälle | 193 | | |

a. 0 Zellen (0,0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5.

Tabelle 5: Einfluss der Zeit seit Verletzung/letztem Débridement in Zeiträumen von 0 - 3 Tagen, 4 – 14 Tagen und ab dem 15. Tag auf das Auftreten keiner, teilweise und kompletter Lappennekrose

Es wurde ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Zeit seit der Verletzung des Patienten bzw. seit dem letzten Débridement bis zum Tag des operativen Eingriffs festgestellt ($p=0,044$).

4.2.5 Größe der freien Lappenplastik

Diese Box-Plot Grafik veranschaulicht die freien Lappenplastiken nach ihrer jeweiligen Lappengröße und dem Vorkommen keiner, teilweise aufgetretener oder kompletter Lappennekrose. Die freien Lappenplastiken haben im Median eine Lappengröße von 96 cm². Die größte freie Lappenplastik war 600 cm² groß.

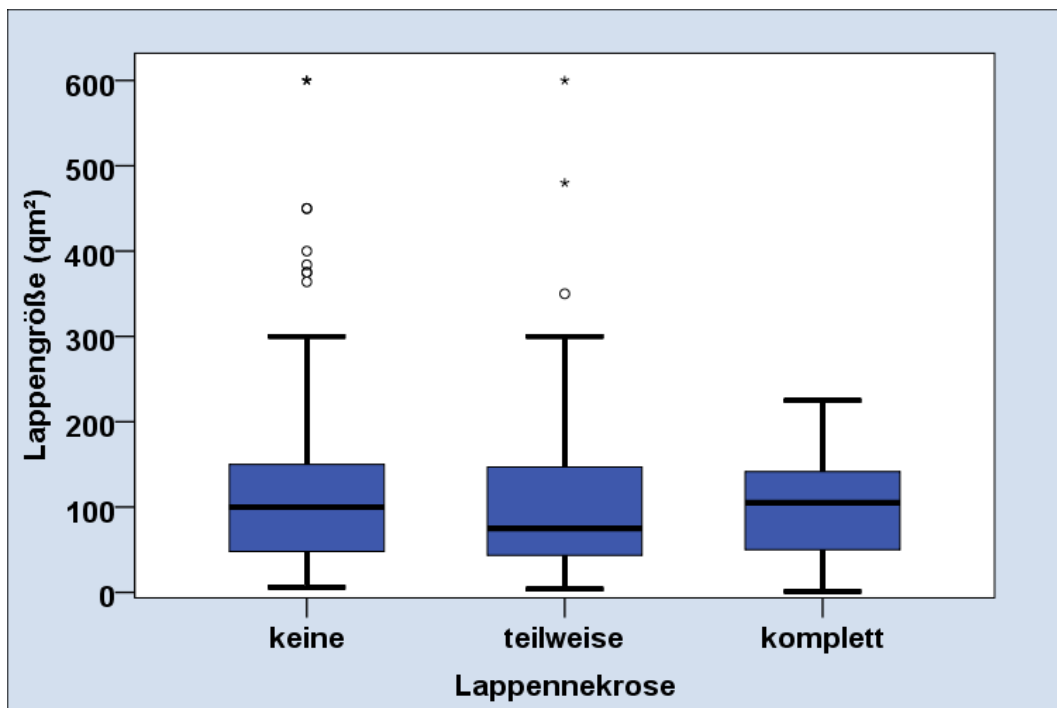


Abbildung 22: Einfluss der Lappengröße (cm²) auf das Auftreten von keiner, teilweise oder kompletter Lappennekrose

| | Lappengröße (cm ²) | | | |
|--------------------|--------------------------------|-----------|----------|--------|
| | Lappennekrose | | | |
| | keine | teilweise | komplett | gesamt |
| Mittelwert | 135,23 | 119,00 | 102,00 | 126,07 |
| SD | 130,11 | 128,56 | 63,55 | 121,54 |
| 95% KI - untere G. | 109,54 | 77,33 | 76,86 | 107,50 |
| 95% KI - obere G. | 160,91 | 160,67 | 127,14 | 144,63 |
| 25. Perzentile | 48,00 | 40,00 | 50,00 | 47,00 |
| Median | 100,00 | 75,00 | 105,00 | 96,00 |
| 75. Perzentile | 150,00 | 150,00 | 150,00 | 150,00 |
| Minimum | 6 | 4 | 1 | 1 |
| Maximum | 600 | 600 | 225 | 600 |
| Anzahl | 120 | 41 | 32 | 193 |
| Gültige Anzahl | 101 | 39 | 27 | 167 |

Tabelle 6: Einfluss der Lappengröße (cm²) auf das Auftreten von keiner, teilweise und kompletter Lappennekrose

| Hypothesentestübersicht | | | | |
|-------------------------|--|--|------|---------------------------|
| | Nullhypothese | Test | Sig. | Entscheidung |
| 1 | Die Verteilung von Lappengröße (qm ²) ist über die Kategorien von Lappennekrose identisch. | Kruskal-Wallis-Test bei unabhängigen Stichproben | ,554 | Nullhypothese beibehalten |

Asymptotische Signifikanz werden angezeigt. Das Signifikanzniveau ist ,05.

Tests auf Normalverteilung (Kolmogorow-Smirnow)

| | df | Signifikanz |
|--------------------------------|-----|-------------|
| Lappengröße (qm ²) | 167 | ,001 |

Die getestete Variable wies keine Normalverteilung auf (Kolmogorow-Smirnow-Test: $p < 0,05$). Der Zusammenhang zwischen der Größe des frei transplantierten Lappenplastik (in Quadratzentimetern) und dem Vorkommen einer postoperativen Lappennekrose ist nicht statistisch signifikant ($p = 0,554$).

4.2.6 Hebestellenmorbidity

Die postoperative Untersuchung der Hebestelle der jeweiligen Hautlappen ergab zufriedenstellende Ergebnisse. In 83,4 %, also bei 161 von 193 freien Lappenplastiken, bestand nach Hebung des Lappens keine Komplikation. 14 Fälle mit Wundheilungsstörungen wurden notiert. Sieben Mal wurden Hämatome ausgeräumt und sechs Serombildungen mussten behandelt werden. In fünf Fällen wurden minimale Hautunregelmäßigkeiten revidiert. Insgesamt wurde in sieben Fällen zusätzlich eine Spalthauttransplantation im Bereich des Hebedefekts vorgenommen, um den Gewebedefekt zu verschließen.

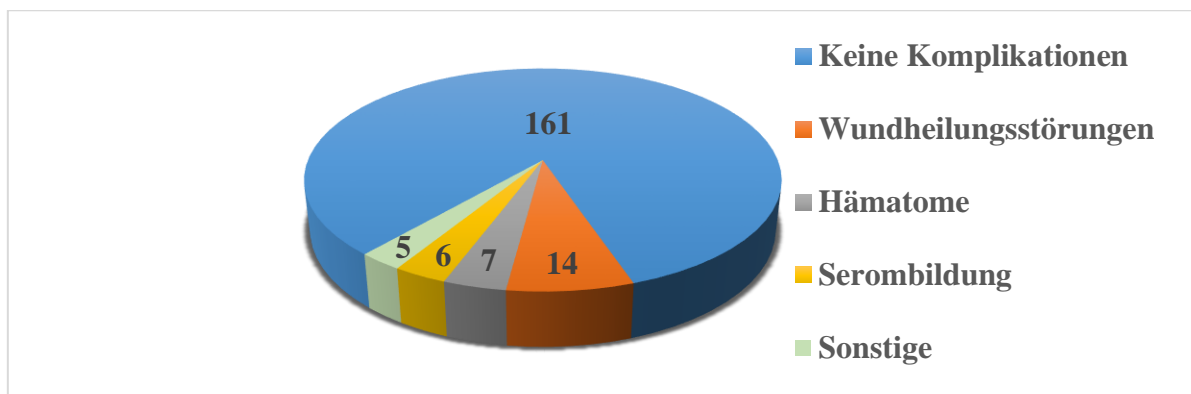


Abbildung 23: Differenzierte Darstellung der absoluten Häufigkeit von Hebestellenmorbidityen aufgeteilt nach keinen Komplikationen, Wundheilungsstörungen, Hämatomen, Serombildung und Sonstigen

4.2.7 Empfangsstelle der freien Lappenplastik

37 Weichteildefekte wurden im Bereich des Oberkörpers versorgt. Bei 10 Eingriffen waren die Empfangsstellen an Kopf, Rumpf und bis zur Ellenbeuge und in 27 Fällen distal der Ellenbeuge. Mit deutlicher Mehrheit wurden 156 freie Lappen an Hautregionen am Unterkörper operiert. Hiervon waren 147 distal und nur 9 freie Hautlappen proximal des Kniegelenks.

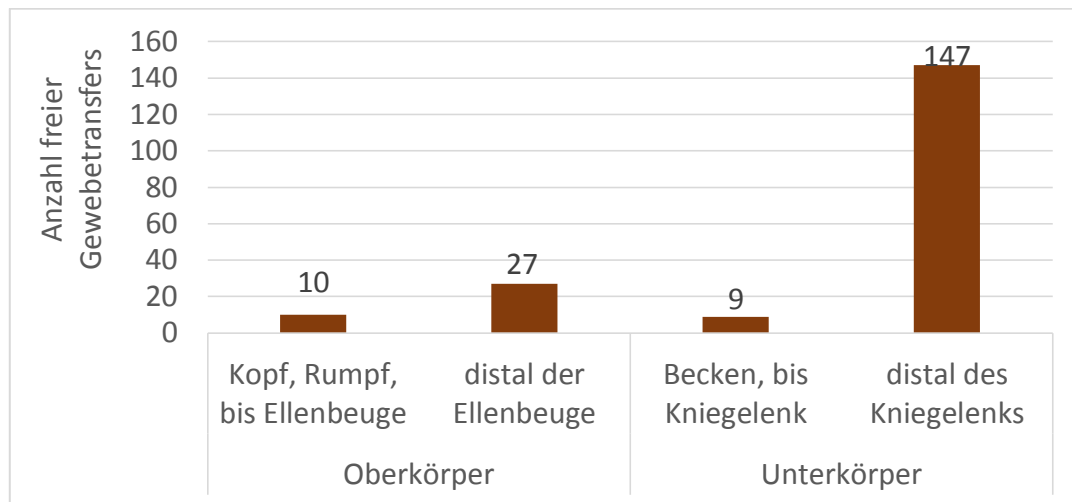


Abbildung 24: Differenzierte Darstellung der absoluten Häufigkeit der Empfangsstellen der freien Lappenplastiken mit Aufteilung auf den Oberkörper proximal und distal der Ellenbeuge und dem Unterkörper proximal und distal des Kniegelenks

4.2.7.1 Postoperative Komplikationen an der Empfangsstelle

Die Komplikationen werden je nach medizinischer Relevanz in Minor- und Majorkomplikationen aufgeteilt. In 32,1 % der Fälle, also bei 62 von 193 freien Lappenplastiken sind keine Komplikationen aufgetreten. Bei sieben Patienten musste ein entstandenes Hämatom ausgeräumt werden. Bei 17 freien Lappenplastiken musste die mikrovaskuläre Anastomose revidiert werden.

| | | |
|----------------------------|-----------------------|------------|
| Minorkomplikationen | Wundheilungsstörungen | 53 (27,5%) |
| | Hämatomausräumung | 7 (3,6%) |
| | Lappenausdünnung | 14 (7,2%) |
| Majorkomplikationen | Anastomosenrevision | 17 (8,8%) |
| | Teilnekrose | 41 (21,2%) |
| | Lappenverlust | 32 (16,6%) |

Tabelle 7: Tabellarische Darstellung der Minorkomplikationen Wundheilungsstörung, Hämatomausräumung und Lappenausdünnung und der Majorkomplikationen Anastomosenrevision, Teilnekrose und komplettem Lappenverlust an der Empfangsstelle der freien Lappenplastik in absoluten und relativen Zahlen

4.2.8 Stationäre Verweildauer

Die stationäre Verweildauer in der Universitätsklinik Leipzig betrug im Durchschnitt 34,5 (4-228) Tage. Hierbei wurde jedoch sehr häufig erst zu einem späten Zeitpunkt des Krankenhausaufenthaltes die freie Lappenplastik operiert. Eine Patientin hatte nach einer Neuromresektion aus dem Thenarast der Hand und anschließender freier Oberarmplattenplastik nur eine viertägige stationäre Aufenthaltsdauer.

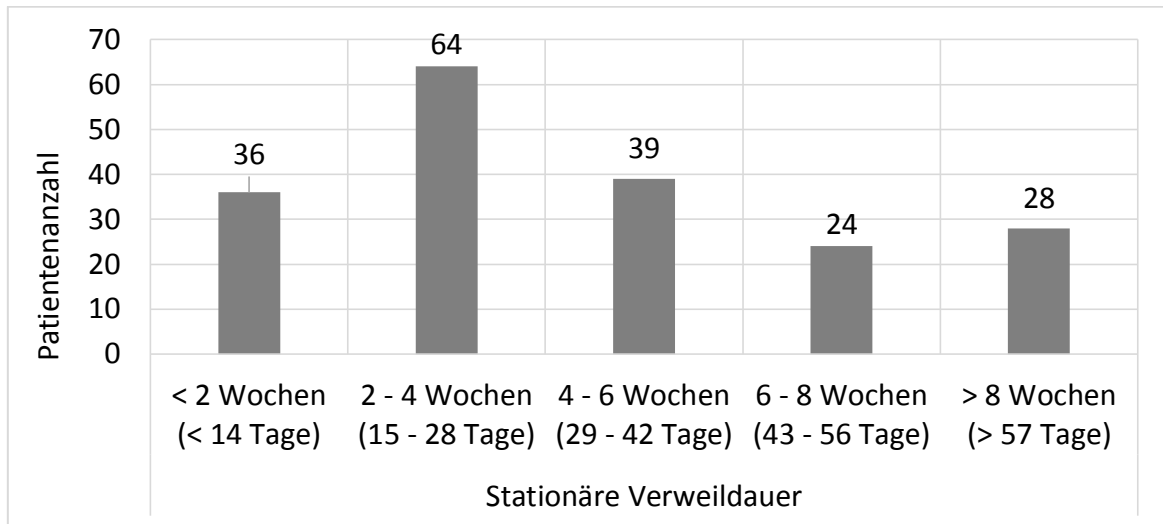


Abbildung 25: Darstellung der absoluten Häufigkeit der stationären Verweildauer der Patienten mit freiem Gewebettransfer von unter zwei Wochen bis über acht Wochen in zwei Wochen Zeiträumen

4.2.9 Gleichzeitige unfallchirurgische Versorgung

Diese Balkengrafik zeigt, ob gleichzeitig zur freien Lappenplastik eine unfallchirurgische Versorgung vorgenommen wurde. Die rosafarbenen Balken zeigen alle freien Lappenplastiken bei denen unfallchirurgisch mitoperiert wurde. Die blauen Balken zeigen alle freien Lappenplastiken ohne gleichzeitig unfallchirurgischer Versorgung. 11,5 % aller freien Lappenplastiken wurden im Zusammenhang mit unfallchirurgischen Maßnahmen, wie z.B. Osteosyntheseverfahren operiert. Bei 88,5% aller Patienten fand gleichzeitig keine unfallchirurgische Versorgung statt.

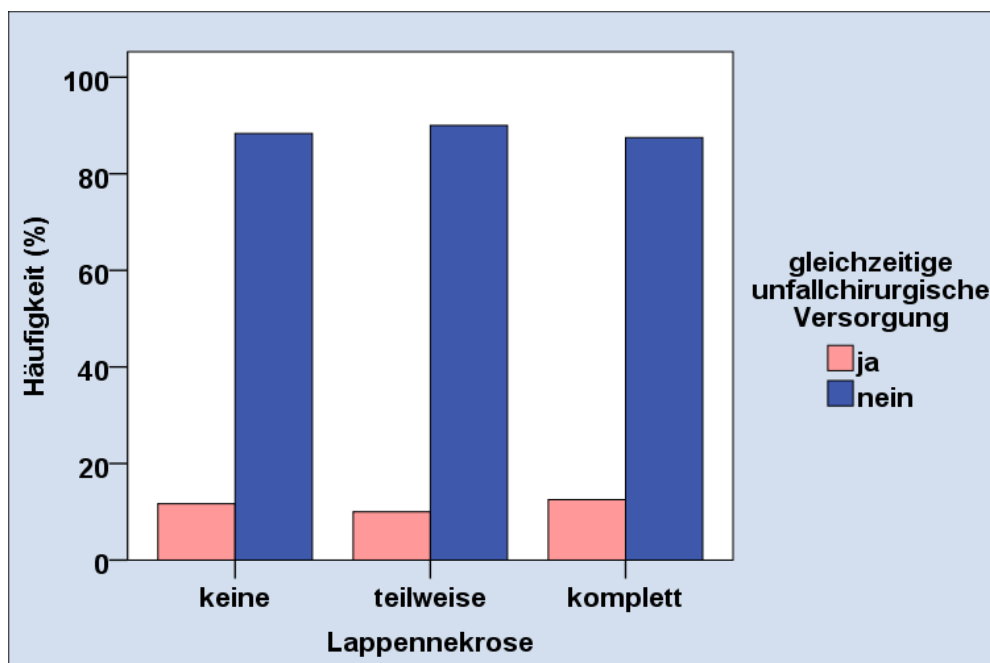


Abbildung 26: Darstellung der prozentualen Häufigkeit freier Lappenplastiken mit und ohne gleichzeitig unfallchirurgischer Versorgung aufgeteilt nach keiner, teilweise aufgetretener und kompletter Lappennekrose

| gleichzeitige unfallchirurgische Versorgung | | Lappennekrose | | | Gesamt |
|---|---|---------------|-----------|----------|--------|
| | | keine | teilweise | komplett | |
| ja | Anzahl | 14 | 4 | 4 | 22 |
| | % innerhalb von gleichzeitige unfallchirurgische Versorgung | 63,6% | 18,2% | 18,2% | 100,0% |
| | % innerhalb von Lappennekrose | 11,7% | 10,0% | 12,5% | 11,5% |
| nein | Anzahl | 106 | 36 | 28 | 170 |
| | % innerhalb von gleichzeitige unfallchirurgische Versorgung | 62,4% | 21,2% | 16,5% | 100,0% |
| | % innerhalb von Lappennekrose | 88,3% | 90,0% | 87,5% | 88,5% |
| Gesamt | Anzahl | 120 | 40 | 32 | 192 |
| | % innerhalb von gleichzeitige unfallchirurgische Versorgung | 62,5% | 20,8% | 16,7% | 100,0% |
| | % innerhalb von Lappennekrose | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% |

| | Wert | df | Asymptotische Signifikanz (zweiseitig) |
|---------------------------|------|----|---|
| Chi-Quadrat nach Pearson | ,123 | 2 | ,940 |
| Anzahl der gültigen Fälle | 192 | | |

a. 2 Zellen (33,3%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5.

Tabelle 8: Einfluss gleichzeitiger unfallchirurgischer Versorgung auf keine, teilweise aufgetretene und komplette Lappennekrose

Nach statistischer Untersuchung konnte bei den betroffenen Patienten kein signifikant negativer Einfluss zwischen gleichzeitiger unfallchirurgischer Wundversorgung und dem Auftreten einer postoperativen Lappennekrose festgestellt werden ($p=0,94$).

4.2.10 Kostenträger

Die Berufsgenossenschaft übernahm die Kosten von 8,29% aller frei operierten Lappenplastiken, da diese als Ursache einen meldepflichtigen Unfall auf dem Weg zur Arbeit oder an der Arbeitsstätte selbst hatten. Andere Kostenträger wie die gesetzlichen Krankenkassen übernahmen die restlichen 91,71 % der Kosten.

| | Berufsgenossenschaft | andere Kostenträger |
|--|-----------------------------|--------------------------------|
| Anzahl freier Lappenplastiken (n=193) | 16 | 177 |

Tabelle 9: Aufteilung der Kostenträger freier Lappenplastiken

4.2.11 Lernkurve

Im Rahmen dieser Dissertation wurde untersucht, ob seit Mai 2012 mit Beginn des Bestehens der Abteilung für plastische, ästhetische und spezielle Handchirurgie am Universitätsklinikum Leipzig bis Oktober 2017 eine Lernkurve bei freien Lappenplastiken, mit Hinblick auf die Lappennekroserate, ersichtlich ist. Hierbei wurden alle Operateure gemeinsam als Team betrachtet und alle Ergebnisse im zeitlichen Verlauf ausgewertet.

Die Zahl Operationen freier Lappenplastiken hat sich im Laufe der Jahre von anfänglich 19 im Jahr 2012, 13 im Jahr 2013 und 25 im Jahr 2014 freien Transplantaten auf 42 im Jahr 2015 und 50 Operationen im Jahr 2016 verdoppelt. 2017 wurden 44 freie Lappen operiert, wobei der Einschlusszeitraum der Studienpatienten bis Ende Oktober ging. Die Zahl der operativ sehr gut eingehielten Lappenplastiken ohne Lappennekrose entwickelte sich ähnlich. Dies ist am graphischen Verlauf beider nahezu kongruenter Kurven ersichtlich.

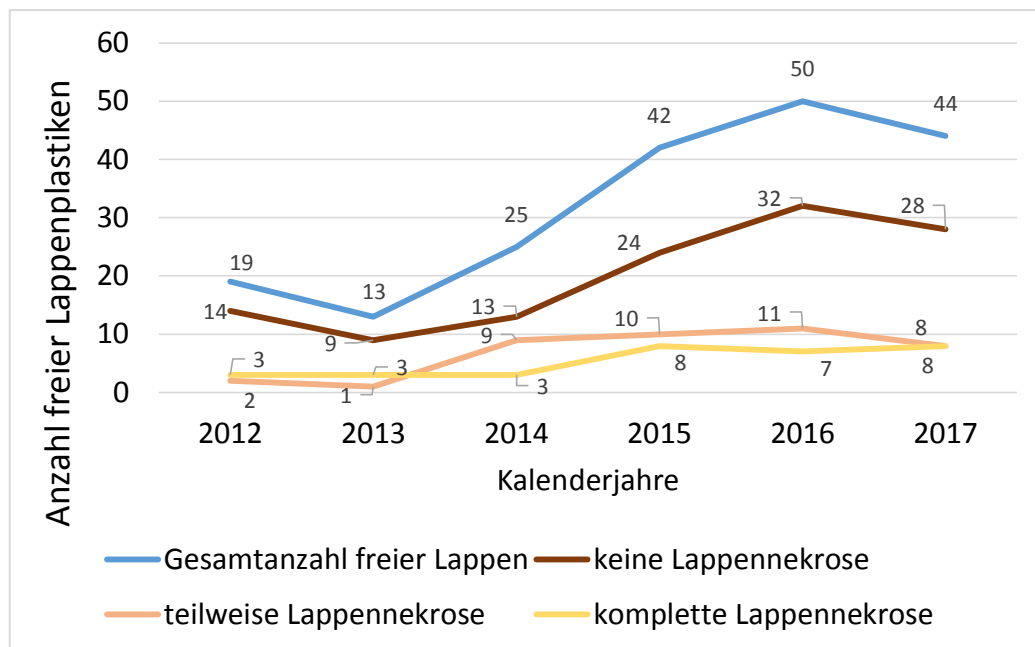


Abbildung 27: Lernkurve zur Durchführung freier Lappenplastiken in Bezug auf keine, teilweise und komplette Lappennekrose

Bei Betrachtung der beiden Kurven „teilweise -“ und „komplette Lappennekrose“ sind zwei relativ waagerecht verlaufende Graphen zu erkennen. Die Zahl der frei transplantierten Lappen, die eine teilweise oder komplette Lappennekrose im postoperativen Verlauf zeigten, bewegt sich pro Jahr zwischen einem und elf Lappen. Auch hier ist ein gleichzeitiger Anstieg der Zahl der Lappennekrosen mit dem Anstieg der Zahl operierter Lappenplastiken zu verzeichnen. Die unten angeführte Tabelle zeigt den prozentualen Anteil der jeweiligen Lappennekrose.

| Jahr | Gesamtanzahl freier Lappen | keine Lappennekrose | teilweise Lappennekrose | komplette Lappennekrose |
|------|----------------------------|---------------------|-------------------------|-------------------------|
| 2012 | 19 | 73,68% | 10,53% | 15,79% |
| 2013 | 13 | 69,23% | 7,69% | 23,08% |
| 2014 | 25 | 52,00% | 36,00% | 12,00% |
| 2015 | 42 | 57,14% | 23,81% | 19,05% |
| 2016 | 50 | 64,00% | 22,00% | 14,00% |
| 2017 | 44 | 63,64% | 18,18% | 18,18% |

Tabelle 10: Prozentuale Auswertung keiner, teilweise und kompletter Lappennekrose bei freien Lappenplastiken im Zeitraum von 2012 bis 2017

4.3 Patientenspezifische Risikofaktoren

4.3.1 Geschlecht

Diese Balkengrafik zeigt die prozentuale Geschlechtsverteilung des Patientenkollektivs aufgeteilt nach keiner, teilweise aufgetretener und kompletter Lappennekrose der operierten freien Lappenplastiken. Die blauen Balken zeigen jeweils alle männlichen Patienten. Die rosafarbenen Balken verdeutlichen alle Patientinnen.

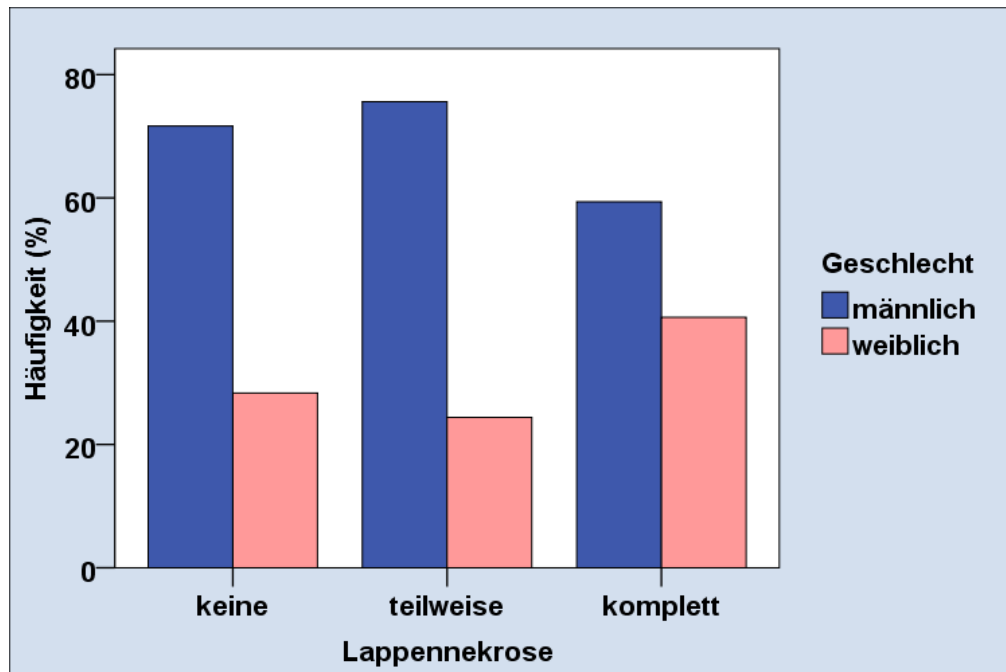


Abbildung 28: Prozentuale Darstellung des Geschlechts der Patienten in Bezug auf keine, teilweise aufgetretener und kompletter Lappennekrose

| | | Lappennekrose | | | Gesamt |
|----------|-------------------------------|---------------|-----------|----------|--------|
| | | keine | teilweise | komplett | |
| männlich | Anzahl | 86 | 31 | 19 | 136 |
| | % innerhalb von Geschlecht | 63,2% | 22,8% | 14,0% | 100,0% |
| | % innerhalb von Lappennekrose | 71,7% | 75,6% | 59,4% | 70,5% |
| weiblich | Anzahl | 34 | 10 | 13 | 57 |
| | % innerhalb von Geschlecht | 59,6% | 17,5% | 22,8% | 100,0% |
| | % innerhalb von Lappennekrose | 28,3% | 24,4% | 40,6% | 29,5% |
| Gesamt | Anzahl | 120 | 41 | 32 | 193 |
| | % innerhalb von Geschlecht | 62,2% | 21,2% | 16,6% | 100,0% |
| | % innerhalb von Lappennekrose | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% |

| | Wert | df | Asymptotische Signifikanz |
|---------------------------|-------|----|---------------------------|
| Chi-Quadrat nach Pearson | 2,496 | 2 | ,287 |
| Anzahl der gültigen Fälle | 193 | | |

a. 0 Zellen (0,0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5.

Tabelle 11: Darstellung des Geschlechts der Patienten in Bezug auf keine, teilweise aufgetretener und kompletter Lappennekrose

Es besteht kein signifikanter Einfluss vom Lebensalter des jeweils operierten Patienten auf das Vorhandensein einer Lappennekrose ($p=0,287$).

4.3.2 Erhöhtes Patientenalter

Diese Grafik zeigt alle freien Lappenplastiken aufgeteilt in zwei Gruppen nach dem Alter des jeweiligen Patienten am OP-Tag in Bezug auf das Auftreten keiner, teilweise oder kompletter Lappennekrose. Die blauen Balken verdeutlichen das Patientenkollektiv unter 60 Jahren und die rosafarbenen Balken zeigen alle Patienten, die bei der Operation bereits das 60. Lebensjahr überschritten haben. Insgesamt 60,1% aller Patienten waren unter und 39,9% der Patienten über dieser Altersgrenze.

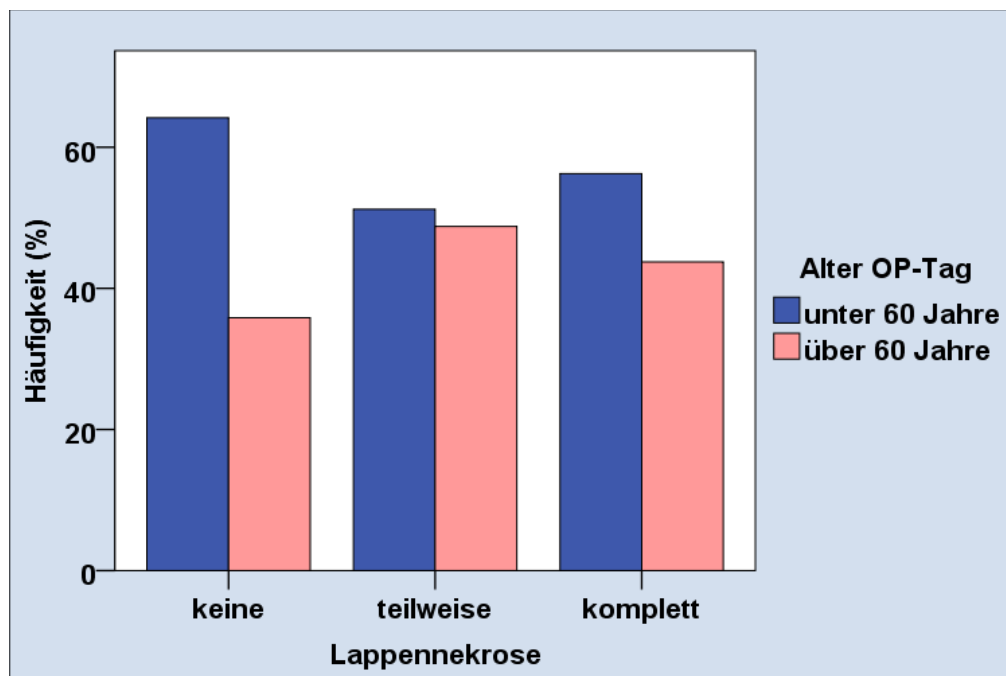


Abbildung 29: Prozentuale Verteilung des Patientenalters am Operationstag aufgeteilt in zwei Gruppen über und unter dem 60. Lebensjahr in Bezug auf keine, teilweise aufgetretener und kompletter Lappennekrose

| Alter OP-Tag | | Lappennekrose | | | Gesamt |
|----------------|-------------------------------|---------------|-----------|----------|--------|
| | | keine | teilweise | komplett | |
| unter 60 Jahre | Anzahl | 77 | 21 | 18 | 116 |
| | % innerhalb von Alter OP-Tag | 66,4% | 18,1% | 15,5% | 100,0% |
| | % innerhalb von Lappennekrose | 64,2% | 51,2% | 56,3% | 60,1% |
| über 60 Jahre | Anzahl | 43 | 20 | 14 | 77 |
| | % innerhalb von Alter OP-Tag | 55,8% | 26,0% | 18,2% | 100,0% |
| | % innerhalb von Lappennekrose | 35,8% | 48,8% | 43,8% | 39,9% |
| Gesamt | Anzahl | 120 | 41 | 32 | 193 |
| | % innerhalb von Alter OP-Tag | 62,2% | 21,2% | 16,6% | 100,0% |
| | % innerhalb von Lappennekrose | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% |

| | Wert | df | Asymptotische Signifikanz |
|---------------------------|-------|----|---------------------------|
| Chi-Quadrat nach Pearson | 2,374 | 2 | ,305 |
| Anzahl der gültigen Fälle | 193 | | |

a. 0 Zellen (0,0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5.

Tabelle 12: Darstellung des Patientenalters am OP-Tag aufgeteilt in zwei Gruppen über und unter dem 60. Lebensjahr in Bezug auf keine, teilweise aufgetretener und kompletter Lappennekrose

Auch bezüglich des Patientenalters wurde keine signifikante Korrelation zum Auftreten einer Lappennekrose festgestellt ($p=0,305$).

4.3.3 Body-Mass-Index

77 Patienten waren normalgewichtig und hatten somit zum Operationszeitpunkt einen BMI zwischen 18,5 und 24,9. Weitere 51 Patienten hatten einen BMI zwischen 25 und 29,9 und wurden daher bei der statistischen Auswertung zu der Gruppe der Übergewichtigen zugeordnet. 46 Patienten hatten Adipositas mit einem BMI über 30.

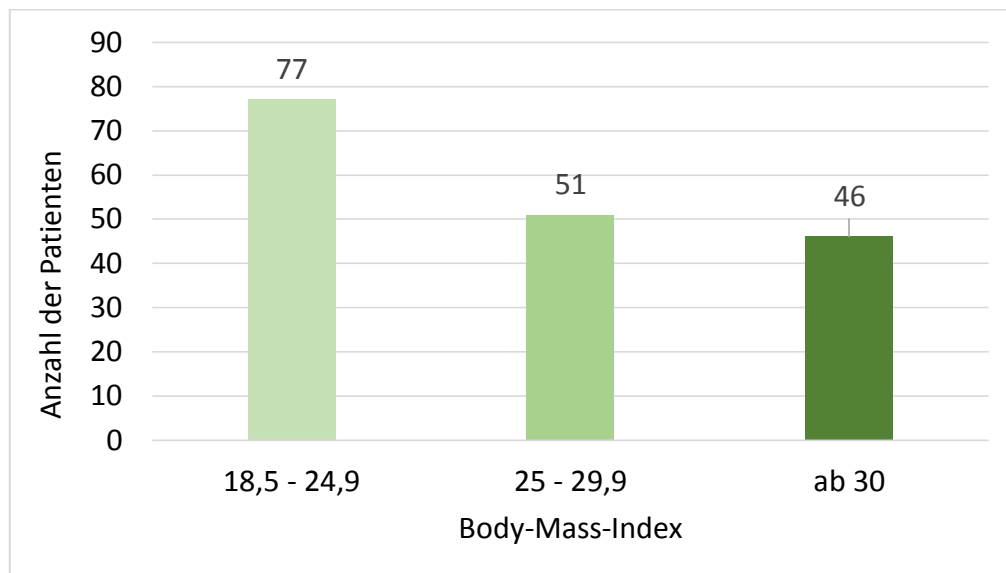


Abbildung 30: Darstellung der jeweiligen Patientenanzahl mit freiem Gewebettransfer mit Body-Mass-Index von 18,5 – 24,9, 25 – 29,9 und ab 30

4.3.3.1 Patienten mit Body-Mass-Index über 25

Diese Balkengrafik zeigt die freien Lappenplastiken aufgeteilt in zwei Gruppen mit Patienten mit einem Body-Mass-Index über und unter 25. Dies wird in Bezug zu keiner, teilweise aufgetretener und kompletter Lappennekrose gesetzt. Die rosafarbenen Balken zeigen alle übergewichtigen Patienten mit einem BMI über 25. Die blauen Balken repräsentieren alle Patienten, deren BMI unter 25 liegt. Insgesamt 55,7% der Patienten haben einen BMI über 25 und bei 44,3% der Patienten liegt der BMI unter 25.

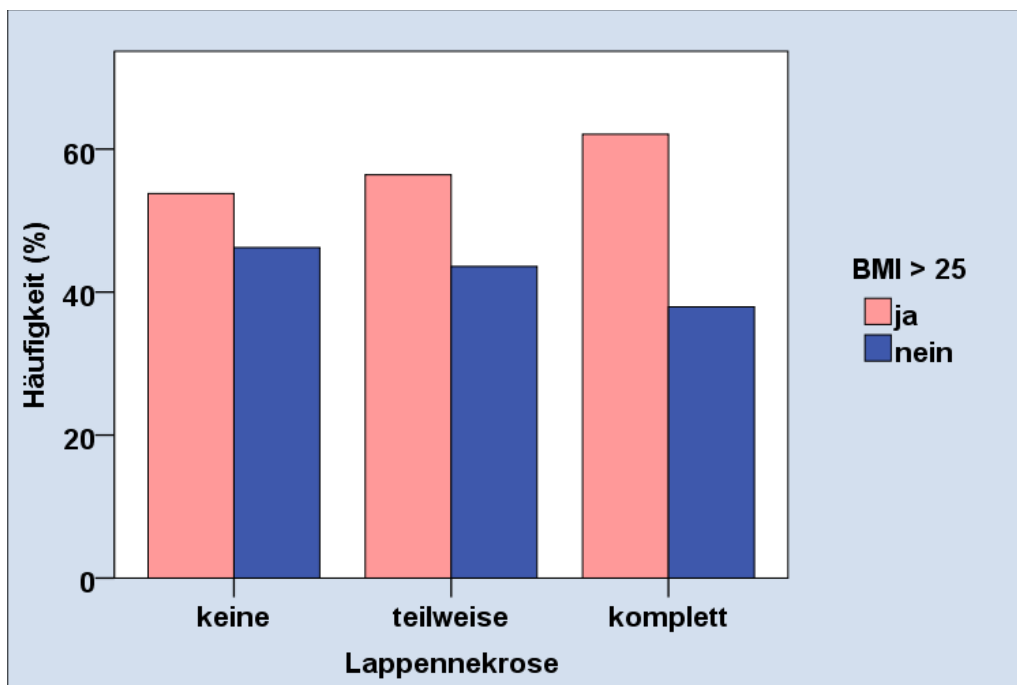


Abbildung 31: Prozentuale Verteilung des Körpergewichts der Patienten aufgeteilt in zwei Gruppen über und unter einem Body-Mass-Index von 25 in Bezug auf keine, teilweise aufgetretener und kompletter Lappennekrose

| | | | Lappennekrose | | | Gesamt |
|---------|-------------------------------|-------------------------------|---------------|-----------|----------|--------|
| | | | keine | teilweise | komplett | |
| BMI >25 | ja | Anzahl | 57 | 22 | 18 | 97 |
| | | % innerhalb von BMI > 25 | 58,8% | 22,7% | 18,6% | 100,0% |
| | | % innerhalb von Lappennekrose | 53,8% | 56,4% | 62,1% | 55,7% |
| | nein | Anzahl | 49 | 17 | 11 | 77 |
| | | % innerhalb von BMI > 25 | 63,6% | 22,1% | 14,3% | 100,0% |
| | | % innerhalb von Lappennekrose | 46,2% | 43,6% | 37,9% | 44,3% |
| Gesamt | Anzahl | | 106 | 39 | 29 | 174 |
| | % innerhalb von BMI > 25 | | 60,9% | 22,4% | 16,7% | 100,0% |
| | % innerhalb von Lappennekrose | | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% |

| | Wert | df | Asymptotische Signifikanz (zweiseitig) |
|---------------------------|------|----|---|
| Chi-Quadrat nach Pearson | ,644 | 2 | ,725 |
| Anzahl der gültigen Fälle | 174 | | |

a. 0 Zellen (0,0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5.

Tabelle 13: Patienten mit BMI über und unter 25 in Bezug auf keine, teilweise aufgetretene, und komplette Lappennekrose

Es besteht kein signifikanter Zusammenhang zwischen den betroffenen Patienten mit einem BMI über 25 und einer postoperativ auftretenden Lappennekrose ($p=0,725$).

4.3.3.2 Patienten mit Body-Mass-Index über 30

Diese Grafik zeigt die freien Lappenplastiken aufgeteilt in zwei Gruppen mit Patienten mit einem Body-Mass-Index über und unter 30. Dies wird in Bezug zu keiner, teilweise aufgetretener und kompletter Lappennekrose gesetzt. Die rosafarbenen Balken zeigen alle adipösen Patienten mit einem BMI über 30. Die blauen Balken repräsentieren alle Patienten, deren BMI unter 30 liegt. Insgesamt 26,4% der Patienten haben einen BMI über 30 und bei 73,6% der Patienten liegt der BMI unter 30.

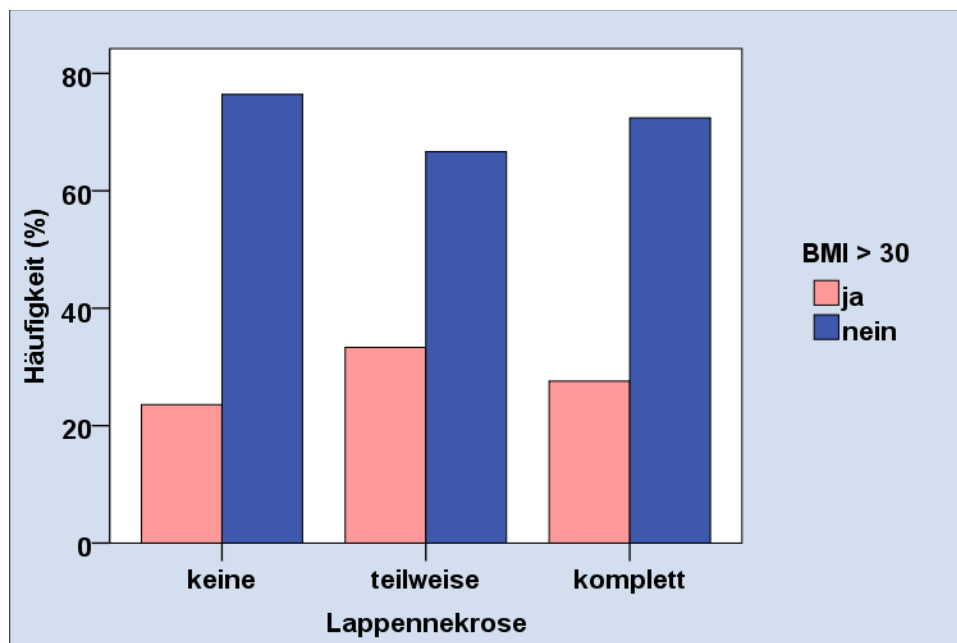


Abbildung 32: Prozentuale Verteilung des Körpergewichts der Patienten aufgeteilt in zwei Gruppen über und unter einem Body-Mass-Index von 30 in Bezug auf keine, teilweise aufgetretener und kompletter Lappennekrose

| | | | Lappennekrose | | | Gesamt |
|----------|------|-------------------------------|---------------|-----------|----------|--------|
| | | | keine | teilweise | komplett | |
| BMI > 30 | ja | Anzahl | 25 | 13 | 8 | 46 |
| | | % innerhalb von BMI > 30 | 54,3% | 28,3% | 17,4% | 100,0% |
| | | % innerhalb von Lappennekrose | 23,6% | 33,3% | 27,6% | 26,4% |
| | nein | Anzahl | 81 | 26 | 21 | 128 |
| | | % innerhalb von BMI > 30 | 63,3% | 20,3% | 16,4% | 100,0% |
| | | % innerhalb von Lappennekrose | 76,4% | 66,7% | 72,4% | 73,6% |
| Gesamt | | Anzahl | 106 | 39 | 29 | 174 |
| | | % innerhalb von BMI > 30 | 60,9% | 22,4% | 16,7% | 100,0% |
| | | % innerhalb von Lappennekrose | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% |
| | | | | | | |

| | Wert | df | Asymptotische Signifikanz (zweiseitig) |
|---------------------------|-------|----|---|
| Chi-Quadrat nach Pearson | 1,417 | 2 | ,492 |
| Anzahl der gültigen Fälle | 174 | | |

a. 0 Zellen (0,0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5.

Tabelle 14: Patienten mit BMI über und unter 30 in Bezug auf keine, teilweise aufgetretene, und komplette Lappennekrose

Auch bei allen Patienten mit BMI über 30 besteht keine signifikante Korrelation zu einer postoperativen Lappennekrose (p=0,492).

4.3.4 Arterielle Hypertonie

Diese Balkengrafik zeigt die freien Lappenplastiken bei allen Patienten mit und ohne einer arteriellen Hypertonie als Nebendiagnose. Dies wird in Bezug zu keiner, teilweise aufgetretener und kompletter Lappennekrose betrachtet. Die rosafarbenen Balken zeigen jeweils alle Patienten mit arterieller Hypertonie. Die blauen Balken repräsentieren alle Patienten ohne arterielle Hypertonie. Bei 31,6% aller Patienten wurde zusätzlich eine „arterielle Hypertonie“ als Nebendiagnose in der Patientenakte dokumentiert.

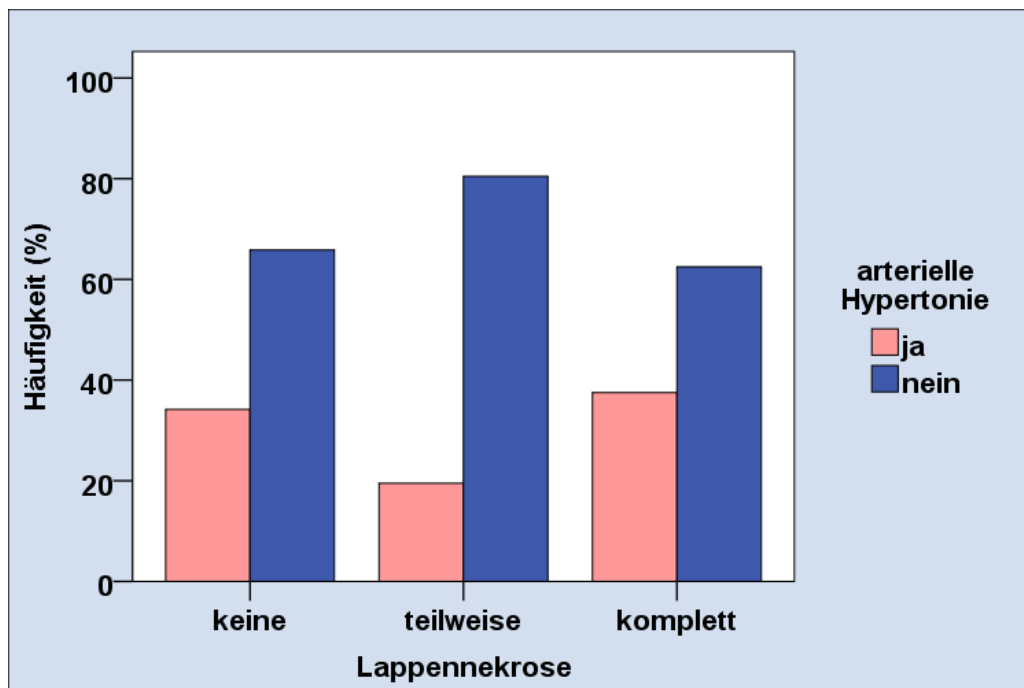


Abbildung 33: Prozentuale Häufigkeit des Vorhandenseins einer arteriellen Hypertonie als Nebendiagnose bei allen Patienten in Bezug auf keine, teilweise aufgetretener und kompletter Lappennekrose

| | | | Lappennekrose | | | Gesamt |
|-----------------------|------|---------------------------------------|---------------|-----------|----------|--------|
| | | | keine | teilweise | komplett | |
| arterielle Hypertonie | ja | Anzahl | 41 | 8 | 12 | 61 |
| | | % innerhalb von arterielle Hypertonie | 67,2% | 13,1% | 19,7% | 100,0% |
| | | % innerhalb von Lappennekrose | 34,2% | 19,5% | 37,5% | 31,6% |
| | nein | Anzahl | 79 | 33 | 20 | 132 |
| | | % innerhalb von arterielle Hypertonie | 59,8% | 25,0% | 15,2% | 100,0% |
| | | % innerhalb von Lappennekrose | 65,8% | 80,5% | 62,5% | 68,4% |
| Gesamt | | Anzahl | 120 | 41 | 32 | 193 |
| | | % innerhalb von arterielle Hypertonie | 62,2% | 21,2% | 16,6% | 100,0% |
| | | % innerhalb von Lappennekrose | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% |
| | | | % | | | |

| | Wert | df | Asymptotische Signifikanz (zweiseitig) |
|---------------------------|-------|----|--|
| Chi-Quadrat nach Pearson | 3,652 | 2 | ,161 |
| Anzahl der gültigen Fälle | 193 | | |

a. 0 Zellen (0,0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5.

Tabelle 15: Darstellung der Patienten mit und ohne arterieller Hypertonie in Bezug auf keine, teilweise aufgetretener und kompletter Lappennekrose

Die arterielle Hypertonie zeigte bei unserem Patientenkollektiv keinen signifikanten Einfluss auf das Auftreten einer Lappennekrose ($p=0,161$).

4.3.5 Nikotinabusus

Diese Balkengrafik zeigt die freien Lappenplastiken aller Patienten mit und ohne einem Nikotinabusus als Nebendiagnose. Dies wird in Bezug zu keiner, teilweise aufgetretener und kompletter Lappennekrose betrachtet. Die rosafarbenen Balken zeigen jeweils alle Patienten mit Nikotinabusus. Die blauen Balken repräsentieren alle Patienten, die nicht rauchen. Bei insgesamt 31,9% Patienten liegt ein Nikotinabusus vor, während überwiegend 68,1% der Patienten der Nichtrauchergruppe zugehörig sind. Bei acht Patienten waren diesbezüglich keine Angaben abrufbar, weshalb diese Patienten bezüglich der statistischen Auswertung unberücksichtigt blieben.

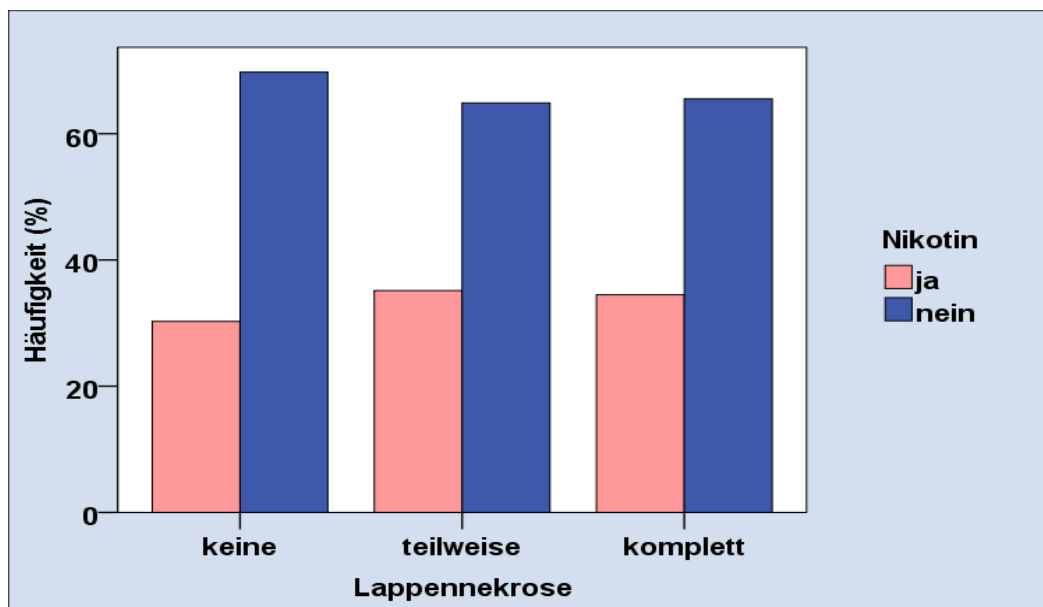


Abbildung 34: Prozentuale Häufigkeit des Vorhandenseins eines Nikotinabusus als Nebendiagnose bei allen Patienten in Bezug auf keine, teilweise aufgetretener und kompletter Lappennekrose

| | | | Lappennekrose | | | Gesamt |
|---------|-------------------------------|-------------------------------|---------------|-----------|----------|--------|
| | | | keine | teilweise | komplett | |
| Nikotin | ja | Anzahl | 36 | 13 | 10 | 59 |
| | | % innerhalb von Nikotin | 61,0% | 22,0% | 16,9% | 100,0% |
| | | % innerhalb von Lappennekrose | 30,3% | 35,1% | 34,5% | 31,9% |
| | nein | Anzahl | 83 | 24 | 19 | 126 |
| | | % innerhalb von Nikotin | 65,9% | 19,0% | 15,1% | 100,0% |
| | | % innerhalb von Lappennekrose | 69,7% | 64,9% | 65,5% | 68,1% |
| Gesamt | Anzahl | | 119 | 37 | 29 | 185 |
| | % innerhalb von Nikotin | | 64,3% | 20,0% | 15,7% | 100,0% |
| | % innerhalb von Lappennekrose | | 100,0 % | 100,0% | 100,0% | 100,0% |

| | Wert | df | Asymptotische Signifikanz (zweiseitig) |
|---------------------------|------|----|--|
| Chi-Quadrat nach Pearson | ,416 | 2 | ,812 |
| Anzahl der gültigen Fälle | 185 | | |

a. 0 Zellen (0,0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5.

Tabelle 16: Darstellung der Patienten mit und ohne Nikotinabusus in Bezug auf keine, teilweise aufgetretener und kompletter Lappennekrose

Auch ein bestehender Nikotinabusus zeigt keinen signifikanten Einfluss auf eine Lappennekrose (p=0,812).

4.3.6 Diabetes Mellitus

Diese Grafik zeigt alle freien Lappenplastiken bei Patienten mit und ohne einem Diabetes mellitus als Nebendiagnose. Dies wird in Bezug zu keiner, teilweise aufgetretener und kompletter Lappennekrose betrachtet. Die rosafarbenen Balken zeigen jeweils alle Patienten mit Diabetes mellitus. Die blauen Balken repräsentieren alle Patienten ohne Diabetes mellitus. Bei 26,9% der Patienten liegt ein Diabetes mellitus vor, während überwiegend bei 73,1% der Patienten kein Diabetes mellitus vorliegt.

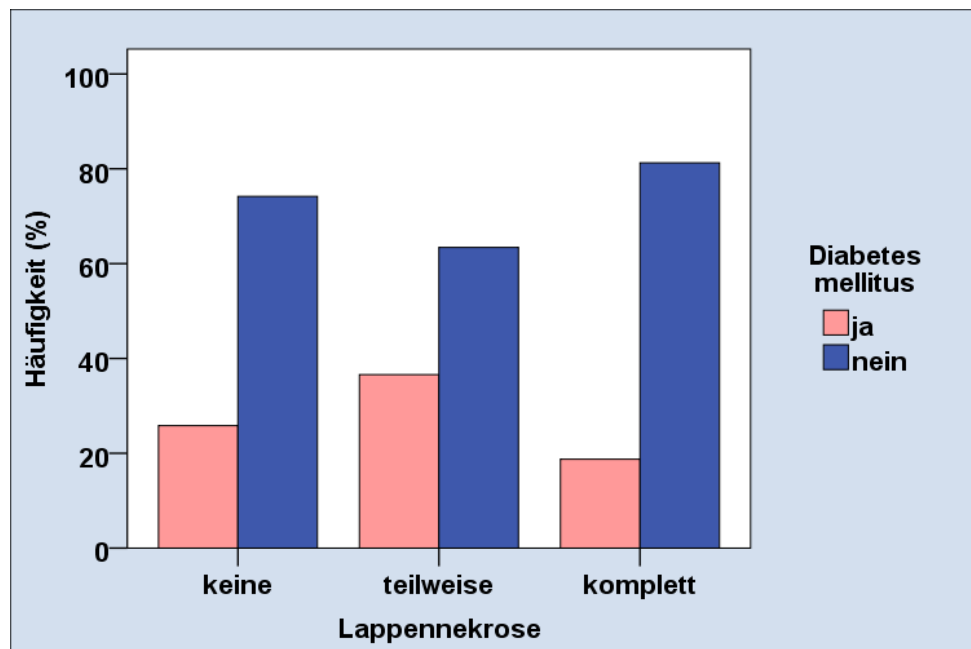


Abbildung 35: Prozentuale Häufigkeit des Vorhandenseins eines Diabetes mellitus als Nebendiagnose bei allen Patienten in Bezug auf keine, teilweise aufgetretener und kompletter Lappennekrose

| | | Lappennekrose | | | Gesamt |
|-------------------|-----------------------------------|---------------|-----------|----------|--------|
| | | keine | teilweise | komplett | |
| Diabetes mellitus | ja | | | | |
| | Anzahl | 31 | 15 | 6 | 52 |
| | % innerhalb von Diabetes mellitus | 59,6% | 28,8% | 11,5% | 100,0% |
| | % innerhalb von Lappennekrose | 25,8% | 36,6% | 18,8% | 26,9% |
| | nein | | | | |
| | Anzahl | 89 | 26 | 26 | 141 |
| | % innerhalb von Diabetes mellitus | 63,1% | 18,4% | 18,4% | 100,0% |
| | % innerhalb von Lappennekrose | 74,2% | 63,4% | 81,3% | 73,1% |
| Gesamt | Anzahl | 120 | 41 | 32 | 193 |
| | % innerhalb von Diabetes mellitus | 62,2% | 21,2% | 16,6% | 100,0% |
| | % innerhalb von Lappennekrose | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% |

| | Wert | df | Asymptotische Signifikanz (zweiseitig) |
|---------------------------|-------|----|--|
| Chi-Quadrat nach Pearson | 3,103 | 2 | ,212 |
| Anzahl der gültigen Fälle | 193 | | |

a. 0 Zellen (0,0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5.

Tabelle 17: Darstellung der Patienten mit und ohne Diabetes mellitus in Bezug auf keine, teilweise aufgetretener und kompletter Lappennekrose

Das Vorhandensein eines Diabetes Mellitus zeigt keinen signifikanten Einfluss auf eine Lappennekrose (p=0,329)

4.3.7 Kombination von Risikofaktoren

Zusammenfassung der Fallverarbeitung

| Ungewichtete Fälle ^a | | H | Prozent |
|---------------------------------|-----------------------|-----|---------|
| Ausgewählte Fälle | Einbezogen in Analyse | 185 | 95,9 |
| | Fehlende Fälle | 8 | 4,1 |
| | Gesamtsumme | 193 | 100,0 |
| Nicht ausgewählte Fälle | | 0 | ,0 |
| Gesamtsumme | | 193 | 100,0 |

- a. Wenn die Gewichtung in Kraft ist, finden Sie in der Klassifikationstabelle die Gesamtzahl von Fällen.

| | | Häufigkeit | Parameterkodierung | |
|----------------------|----------------|------------|--------------------|-------|
| | | | (1) | (2) |
| Zeit seit Verletzung | 0 - 3 Tage | 43 | 1,000 | ,000 |
| Débridement (d) | 4 - 14 Tage | 62 | ,000 | 1,000 |
| | >= 15 Tage | 80 | ,000 | ,000 |
| Alter OP-Tag | unter 60 Jahre | 110 | ,000 | |
| | über 60 Jahre | 75 | 1,000 | |
| Venenanastomose | End zu End | 173 | 1,000 | |
| | End zu Seit | 12 | ,000 | |
| Arterienanastomose | End zu End | 73 | ,000 | |
| | End zu Seit | 112 | 1,000 | |
| Geschlecht | männlich | 132 | 1,000 | |
| | weiblich | 53 | ,000 | |

| | Wald | Sig. | OR | 95% Konfidenz-intervall für OR | |
|---|-------|------|-------|-----------------------------------|--------|
| | | | | Unterer | Oberer |
| Schritt 1 ^a Zeit seit Verletzung/ Débridement | 7,938 | ,019 | | | |
| 0 - 3 Tage | 4,871 | ,027 | 2,346 | 1,100 | 5,002 |
| 4 - 14 Tage | ,567 | ,452 | ,760 | ,372 | 1,554 |
| Konstante | 6,974 | ,008 | ,538 | | |

Tabelle 18: Codierungen kategorialer Variablen und binär logistische Regression

Die Analyse der fünf unabhängigen Risikofaktoren „Zeit seit der Verletzung/Débridement“, das „Geschlecht“ der Patienten, das jeweilige „Alter“ der Patienten am Operationstag, die Art der „Venen-“ und die Art der „Arterienanastomose“ ergab in Bezug auf die dichotome, abhängige Variable „Lappennekrose“ einen signifikanten Zusammenhang bei Patienten die innerhalb der Zeitspanne von 0 bis 3 Tagen eine freie Lappenplastik erhalten haben.

5 Diskussion

Seit Mai 2012 bietet die Abteilung für Plastische, Ästhetische und Spezielle Handchirurgie des Universitätsklinikums Leipzig freie Lappenplastiken zur Deckung von Gewebedefekten an. Hierbei machen posttraumatische Gewebeschäden, Wundheilungsstörungen und onkologische Resektionen das breite Indikationsspektrum aus. Im Rahmen dieser Dissertation wurden an einer Gesamtzahl von 193 freien Lappenplastiken bei einem Kollektiv von 177 Patienten die präoperativen Risiken, intraoperative Einflussfaktoren wie beispielsweise die gewählte Lappenart und die Anzahl und Form der arteriellen und venösen Gefäßanastomosen, in Bezug auf postoperative Komplikationen statistisch analysiert. Die Ergebnisse dieser retrospektiven Studie zeigen deutliche Übereinstimmungen mit bereits bekannter Literatur, als auch klare Unterschiede bezüglich einiger Gesichtspunkte.

5.1 Methodik

Bezüglich der verwendeten Methodik lässt sich festhalten, dass die von mir in Form einer Exceltabelle angelegte Datenbank, sich im Nachhinein als sehr hilfreiches Werkzeug erwies. Es konnte zu jedem beliebigen Zeitpunkt der wissenschaftlichen Arbeit auf benötigte Informationen der jeweiligen Patienten zurückgegriffen werden. Hierzu wurden vorher themenspezifische Überlegungen durchgeführt, welche Parameter verwendbar und reliabel sind in Bezug auf alle durchgeführten freien Lappenplastiken.

Die Aufarbeitung der benötigten Informationen aus der Patientenakte (Operations-, Arzt- und Ambulanzbriefen) führte bei einigen Patienten zu der Problematik, dass benötigte Daten nur unvollständig oder nicht abrufbar waren. Möglicherweise aufgrund von Notfallsituationen und schnellem Agieren war teilweise bei einigen Patienten mit Z.n. Polytraumata nicht explizit, im eigentlich dafür vorgesehenen Dokument, Körpergröße und –gewicht notiert. Diese Informationen wurden dann aus anderen Befundbriefen oder pflegerischen Dokumentationsberichten übertragen.

Besonders vorteilhaft war das große Patientenkollektiv mit 177 Patienten und 193 studienrelevanten freien Lappenplastiken. Es stand eine ausreichend große Patientenzahl zur Verfügung, um nach statistischer Auswertung verschiedener

Hypothesen eine möglichst validierte Aussage zu treffen. Ebenso erfreulich waren die Tatsachen, dass die Studie durch die Ethikkommission als ethisch und moralisch unbedenklich eingestuft wurde und ich während der Gesamtlaufzeit der Studie finanziell keine Pflichtausgaben zu vermerken hatte.

Grundsätzlich wurden die Daten retrospektiv ausgewertet. Andere prospektive Studiendesigns ermöglichen jedoch vor Studienbeginn bereits eine noch bessere Anpassung an die Anforderungen der jeweiligen Untersuchung. So können alle benötigten Daten vorab schon besser auf die jeweilige Studie zugeschnitten werden.

Wichtig ist auch die Kenntnis darüber, dass einige erhobene Parameter wie der Nikotinabusus stets vom Wahrheitsgehalt der Patientenaussage abhängig sind. Vielen Patienten ist der tatsächliche Tabakkonsum pro Tag nicht bewusst, weshalb sehr subjektive Aussagen resultieren. Auch vorsätzlich getroffene Falschaussage, um ein möglichst positives Bild beim zuständigen Facharzt zu hinterlassen, verzerren die Endergebnisse [51]. Hilfreich wäre auch die konsequente Dokumentation der positiven Raucheranamnese in pack years, um unabhängig von der jeweiligen Studie einen Vergleich zu ermöglichen.

5.2 Patientenkollektiv

Alle 177 Patienten wurden im Universitätsklinikum Leipzig operiert. Über 90% aller freien Lappenplastiken waren ALT- und Musculus latissimus dorsi Lappen. Im selben Zeitraum hat die Abteilung für Plastische, Ästhetische und spezielle Handchirurgie zahlreiche DIEAP Lappen im Brustzentrum der Klinik operiert. Diese sind nicht in dieser Studie aufgenommen. Dies zeigt sich auch in einer Komplikationsrate von 16,6 % bei Betrachtung der vollständigen Lappennekrose. So ist ein größerer Anteil relativ junger Patientinnen, bei welcher die Indikation zu einer DIEAP Lappenplastik bestand, außen vor gelassen. Dadurch steigen das Durchschnittsalter der 177 Studienpatienten und die Anzahl der Patienten mit komplexen multifaktoriellen Nebenerkrankungen wie bspw. Diabetes Mellitus oder der peripher arteriellen Verschlusskrankheit. Dadurch steigt sowohl aus anästhesiologischer-, als auch aus chirurgischer Sicht das Risiko einer postoperativen Komplikation [127]. Ebenso wurden alle osteocutanen Lappenplastiken wie z.B. alle Fibulalappen nicht in diese Studie aufgenommen, da die postoperative Überwachung nicht möglich war. Anhand von 17 verschiedenen Publikationen und

insgesamt 453 freien Lappenplastiken zeigt eine aktuelle Metaanalyse nochmals das Risiko von möglichen Komplikationen auf. In 2% aller Fälle entstanden totale Lappennekrosen, wobei ein vollständiges Lappenüberleben bei 91,8% aller freien Lappenplastiken festgestellt wurde [111].

5.3 Lappenarten

Größtenteils wurden im Universitätsklinikum Leipzig ALT- und Musculus latissimus dorsi Lappen verwendet. Je nach vorgegebenem Verletzungsmuster und individueller Ausgangslage, Gefäßstatus und Patientenwillen wurde sich präoperativ für eine Lappenart entschieden. Bei der Wahl der Art der freien Lappenplastik spielt die Größe des zu deckenden Gewebedefekts eine entscheidende Rolle. Eine Studie über 85 freie Exemplare dieser beiden Arten (44 Musculus latissimus dorsi- und 41 ALT-Lappen) zeigte umfangreiche Einsatzmöglichkeiten beider Arten im mikrochirurgisch rekonstruktiven Setting. Die durchschnittliche Größe der Musculus latissimus dorsi Lappen betrug 115,8 cm und war damit nahezu doppelt so groß, wie die der ALT-Lappen mit 67,0 cm [54].

Der primäre Verschluss der Hebestelle ist bei großen freien ALT-Lappenplastiken nicht immer ohne eine Spalthauttransplantation möglich. Eine Studie mit 65 Patienten vergleicht eine Gruppe mit primärem Verschluss mit einer Gruppe mit zusätzlich erforderlicher Spalthauttransplantation. Sowohl der Body-Mass-Index der Patienten, als auch das Patientenalter korrelierten signifikant mit dem Verhältnis von Lappenbreite und Oberschenkelumfang. Nur Patienten, bei denen dieses Verhältnis größer als 16% war, benötigten noch eine zusätzliche Spalthauttransplantation. Schlussfolgernd kann die Hebestelle nur primär verschlossen werden, wenn das Verhältnis von der Breite der Lappenplastik zum Oberschenkelumfang geringer ist als 16 % [15].

Wenn größere Lappen benötigt werden, gestaltet sich der Verschluss der Hebestelle des Musculus latissimus dorsi Lappens einfacher, als der des ALT-Lappen. Falls das „Lappenbreite/Oberschenkelumfang“ Verhältnis einer ALT-Lappenplastik über 16% beträgt, müssen spezielle Techniken wie die V-Y Vorschubtechnik oder Split-Skin Paddeltechniken Anwendung finden, um einen Primärverschluss der Hebestelle zu ermöglichen [105].

Eine aktuelle Studie mit 52 Patienten konnte ebenfalls nachweisen, dass Patienten eine signifikant verzögerte Wundheilung zeigen, wenn bei Ihnen die Hebestelle der ALT-Lappenplastik mit einer Spalthauttransplantation, statt mit einem Primärverschluss gedeckt wurde. Von allen 37 Patienten mit Spalthauttransplantation entwickelten 23 (62%) eine verzögerte Wundheilungsreaktion an der Spenderstelle [1]. Daher wäre bei größeren Gewebedefekten die Musculus latissimus dorsi Lappenplastik dem ALT-Lappen vorzuziehen, wenn die Möglichkeit gegeben ist.

Laut den Ergebnissen einer weiteren Arbeit, ist die Möglichkeit der Deckung von großen Gewebedefekten (16 bis 25 × 8 bis 13 cm) ebenfalls mit Hilfe eines bipedikulären ALT-Lappens gegeben. Hierfür muss jedoch ein zusätzlicher zweiter Gefäßast in der Dopplersonographie dominant erscheinen [90]. Der schräge Ast präsentiert sich in 35% aller Eingriffe zwischen dem Ramus descendens und dem Ramus transversus der A. circumflexa femoris lateralis [143].

In einer weiteren retrospektiven Studie wurde die Funktionalität von 27 freien Musculus latissimus dorsi- mit 20 freien ALT-Lappen verglichen. Es wurden keine signifikanten Unterschiede bei langfristiger Betrachtung der Komplikationsraten festgestellt. Dahingegen war das ästhetische Endergebnis und die Hebestellenmorbidity bei den ALT-Lappenplastiken mit signifikant besseren Resultaten assoziiert [108].

5.4 Patientenalter

Sowohl bei Frauen als auch bei Männern steigt die durchschnittliche Lebenserwartung kontinuierlich pro Jahr an [39]. Aufgrund dessen ist der Zusammenhang zwischen dem Alter der Patienten und der daraus resultierenden Komplikationsrate in Bezug auf die mikrovaskuläre Anastomosierung in verschiedenen Arbeiten untersucht worden.

In meiner Arbeit wurden alle Patienten in zwei Gruppen unterteilt: Patienten, die noch nicht das 60. Lebensjahr erreicht haben und welche über 60 Jahren. Dabei lag das durchschnittliche Patientenalter, mit einer großen Streubreite von 10 bis 89 Jahren, bei 56,1 Jahren. Es konnten nach statistischer Auswertung von 116 unter 60-Jährigen und 77 über 60-jährigen Patienten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden ($p=0,305$). Dies zeigt auch eine Metaanalyse von 30 Publikationen mit jeweils unterschiedlichen Altersgrenzen von 60 bis 80 Jahren. Im Vergleich von jüngeren zu

älteren Patienten wurden sowohl in der Lappenerfolgsrate ($p=0,39$) als auch bezüglich der chirurgischen Komplikationsrate ($p=0,83$) keine signifikanten Unterschiede festgestellt [133]. Auch eine aktuelle retrospektive Studie mit 5951 Patienten schlussfolgert ebenfalls die Erkenntnis, dass ein erhöhtes Lebensalter nicht als absolute Kontraindikation herangezogen werden kann. Vielmehr sollte das Hauptaugenmerk verstärkt auf die bestehenden Begleiterkrankungen der Patienten liegen. 18–49-Jährige, 50–59-J., 60–69-J., 70–79 J. und Patienten über 80 Jahren wurden hierfür zu einzelnen Alterskohorten zusammengefasst. Anschließend wurden die Komplikationen, Lappenverlust und die Mortalität analysiert [61].

Meiner Arbeit entsprechende Ergebnisse lieferten auch weitere ähnlich konzipierte Studien. So konnte anhand von 110 freien Lappenplastiken bei 104 Patienten mit einem Durchschnittsalter von 78 Jahren gezeigt werden, dass das Patientenalter als alleiniges Kriterium keine signifikante Relevanz für die Indikationsstellung hat. Vielmehr sollte der gesamte präoperative Komorbiditätsstatus des Patienten Beachtung finden [121]. Dass das patientenbezogene Alter per se kein Risikofaktor ist, zeigte auch der Vergleich bei einer anderen Studie. Hierbei wurden 100 weitere freie Lappenplastiken bei über 65-jährigen Patienten mit Lappenplastiken bei unter 65-Jährigen verglichen [120]. Der Vergleich von 299 weiteren Patienten nach freier Lappenplastik zeigte hinsichtlich der Komplikationsrate ebenfalls keinen signifikanten Unterschied zwischen älteren und jüngeren Patienten [11].

Nach Abgleich der gegenwärtigen Literatur mit meinen Auswertungen, erweist sich ein fortgeschrittenes Patientenalter nicht als generelle Kontraindikation für die Transplantation einer freien Lappenplastik. So haben alle größeren Metaanalysen bis zum heutigen Zeitpunkt keinen signifikant negativen Einfluss des Patientenalters auf das Lappenüberleben feststellen können. Umso entscheidender ist die präoperative Betrachtung aller Komorbiditäten in Bezug auf den Allgemeinzustand des Patienten.

5.5 Patientengeschlecht

In unserer Arbeit resultierte nach statistischer Analyse keine signifikante Korrelation zwischen dem Geschlecht der Patienten und dem Auftreten einer Lappennekrose ($p=0,287$). Diese Ergebnisse werden durch weitere umfassende Analysen gestützt. Beim Geschlechtervergleich unter 1921 Patienten konnte keine Signifikanz festgestellt

werden, wenn freie Lappenplastiken zur Rekonstruktion von Extremitäten verwendet wurden [117]. Auch eine weitere Arbeitsgruppe konnte bei der Analyse von präoperativen Risikofaktoren hinsichtlich des Auftretens von Komplikationen nach einer freien Lappenplastik keinen signifikanten Zusammenhang mit dem jeweiligen Geschlecht der Patienten feststellen. Hierzu wurden 778 freie Gewebetransfers bei 639 Patienten durchgeführt [142].

Eine weitere vergleichende Kohortenstudie untersuchte 389 freie Lappenplastiken an den unteren Extremitäten. Das Patientenkollektiv wurde auf zwei Kohorten aufgeteilt. Die erste Kohorte bestand aus Patienten, bei denen die freie Lappenplastik erfolgreich durchgeführt wurde und somit keine sekundäre Intervention mehr nötig war. Patienten aus der zweiten Kohorte bekamen einen zweiten oder mehrere medizinische Eingriffe bezüglich der freien Lappenplastik. Der Vergleich ergab, dass sowohl Frauen, als auch junges Patientenkollektiv (<50 Jahre) ein signifikant erhöhtes Risiko haben, eine zweite Intervention zu benötigen [80].

Auch bezüglich des Patientengeschlechts lässt sich nicht verallgemeinernd von einem signifikant unabhängigen Risikofaktor sprechen, wenn von der Erfolgsrate nach freier Lappenplastik die Rede ist.

5.6 Body-Mass-Index

Im Gegensatz zum rückläufigen Trend des Zigarettenrauchens steigt der Anteil der deutschen Bevölkerung, welcher übergewichtig ist oder Adipositas hat. So sind in Deutschland zwei Drittel der Erwachsenen übergewichtig und jeder Fünfte adipös [138]. Um diesbezüglich eine Vergleichbarkeit des Patientenkollektivs zu gewährleisten, findet der BMI (=Body-Mass-Index) hier Verwendung. Dieser errechnet sich aus dem Körpergewicht dividiert durch das Quadrat der Körpergröße [138]. Dazu wurden in meiner Arbeit alle 177 Patienten in drei Gruppen aufgeteilt: Normalgewichtige mit einem BMI unter 25kg/m^2 , Übergewichtige mit BMI 25 bis 30kg/m^2 und Patienten mit Adipositas, also einem BMI von über 30kg/m^2 . Es besteht sowohl bei den übergewichtigen Patienten mit einem BMI über 25kg/m^2 ($p=0,725$) als auch bei allen adipösen Patienten mit BMI über 30kg/m^2 ($p=0,492$) keine signifikante Korrelation zu einer postoperativen Lappennekrose.

Ob ein erhöhtes Körpergewicht Auswirkungen auf den Erfolg einer freien Lappenplastik hat, war auch Hauptbestandteil anderer Studien. Im Rahmen einer Untersuchung waren 119 Patienten beteiligt, wovon 43 Patienten mit einem BMI über 30 zu der Gruppe der Adipösen zugehörig waren. Alle Patienten wurden mit freien Lappenplastiken an den unteren Extremitäten versorgt. Es konnten keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Operationsverfahren, der Operationszeit oder thrombotischer Ereignisse zwischen beiden Gruppen festgestellt werden. Patienten aus der adipösen Studiengruppe haben jedoch signifikant häufiger eine zweite freie Lappenplastik benötigt ($p=0,005$) [28].

Speziell die Fragestellung, ob es Unterschiede in der Komplikationsrate von ALT-Lappentransplantationen zwischen normalgewichtigen und übergewichtigen bzw. adipösen Patienten gibt, wurde anhand von 27 Patienten untersucht. Nach minimalen Komplikationen und einer Lappenerfolgsquote von 100 Prozent gehen die Ärzte davon aus, dass der ALT-Lappen auch bei Patienten mit einem höheren BMI eingesetzt werden kann [32]. Eine andere Publikation hingegen liefert Anhaltspunkte dafür, dass der ALT-Lappen bei Patienten mit Adipositas nur unter besonderen Umständen eingesetzt werden kann. Bei präoperativen Untersuchungen mithilfe einer Dopplersonde, wurde bei der Suche nach geeigneten Perforatorgefäßen festgestellt, dass das Signal der Dopplersonde bei adipösen Patienten eine geringere Sensitivität zeigt. So ist der Transfer des ALT-Lappens bei Adipösen nur zu empfehlen, wenn die Perforatoren zuvor ausreichend darstellbar sind [147].

Nach Aufteilung aller Patienten in drei Gewichtsgruppen (BMI unter 25, zwischen 25 und 30 und über 30) stellte eine weitere Studie fest, dass adipöse Patienten deutlich häufiger postoperative Komplikationen hatten, als die Normal- oder Übergewichtigen. Diese Aussage lässt sich sowohl auf die Hebe- als auch auf die Empfängerstelle der Lappenplastik beziehen [126].

Nach Betrachtung aller aktuell relevanten Publikationen ist zu vorsichtigem Handeln zu raten. In zahlreichen Studien resultieren signifikante Ergebnisse, wenn es um den negativen Einfluss von Adipositas auf das Lappenüberleben geht. Auch eine aktuelle Studie mit 62 freien Gewebetransfers bei 60 Patienten konnte feststellen, dass die Nebendiagnose Adipositas ein signifikanter Faktor für postoperative Komplikationen

ist. Ebenso wurde in dieser Studie eine Ischämiezeit des freien Lappens von über zwei Stunden als weitere negative Einflussgröße bestimmt [58]. Im Zuge des stetig wachsenden Anteils der Bevölkerung wären auf lange Sicht prä- und postoperative medizinische Maßnahmen in Zusammenarbeit mit spezialisierten Adipositaszentren oder dem Fachbereich der bariatrischen Chirurgie empfehlenswert.

5.7 Arterielle Hypertonie

Es wurde untersucht, ob Komplikationen nach einem freien Gewebetransfer vermehrt auftreten, wenn Patienten präoperativ eine bestehende Bluthochdrucksymptomatik vorweisen. In unserem Kollektiv war bei 61 von 193 Patienten die Diagnose „arterielle Hypertonie“ bekannt. Bei dieser Patientengruppe zeigte sich nach statistischer Auswertung im Vergleich zu allen anderen Patienten kein signifikanter Einfluss auf das Auftreten einer Lappennekrose ($p=0,161$).

Aktuell wurde der präoperative Risikostatus eines großen Patientenkollektivs ($n=897$) anhand von 969 mikrochirurgisch freien Lappenplastiken untersucht. Die Patienten wurden je nach Vorerkrankungen und vorhandener Nebendiagnosen in zwei ASA (American Society of Anesthesiologists) Gruppen eingeteilt: geringes Risiko (ASA I und II) und Hochrisikopatienten (ASA III und IV). Trotz der erhöhten Risikofaktoren, wie z.B. arterielle Hypertonie, konnte kein signifikanter Unterschied zwischen beiden ASA Gruppen festgestellt werden. Somit wurde der Entschluss gefasst, dass auch präoperative Hochrisikopatienten hinsichtlich eines freien Gewebetransfers operiert werden können [36].

Die aktuelle Studienlage zeigt bei freien Lappenplastiken keine signifikante Korrelation zwischen der Diagnose der arteriellen Hypertonie und dem gesteigerten Auftreten postoperativer Komplikation. In dieser Arbeit konnte ebenfalls keine signifikante Korrelation festgestellt werden. Zum jetzigen Zeitpunkt wären weitere prospektive Untersuchungen mit einer noch größeren Patientenzahl empfehlenswert. Bis zu diesem Zeitpunkt ist der medizinische Gesamteindruck des Patienten hinsichtlich aller Komorbiditäten und dem aktuellen Gesundheitsstand maßgeblich für die Indikationsstellung.

5.8 Nikotinabusus

Der Anteil der über 15-jährigen Raucher in Deutschland ist im Laufe der Jahre stetig gesunken und beträgt aktuell 24,5 Prozent, womit etwa Dreiviertel der deutschen Bevölkerung der Nichtrauchergruppe zugehörig sind [102]. Nicht nur koronare Herzerkrankungen (KHK), die chronisch obstruktive Lungenerkrankung (COPD) oder die peripher arterielle Verschlusskrankheit (pAVK) werden durch das Rauchen von Tabak verstärkt hervorgerufen, sondern auch in Bezug auf postoperative Wundheilungsstörungen nach freien Gewebetransfers erhöht ein Nikotinabusus den Morbiditätsfaktor [20] [82].

Bei unserem Patientenkollektiv lag der Anteil der Raucher bei 30,2 Prozent. Jedoch war nicht mehr nachvollziehbar, ob die Patienten prä- bzw. postoperativ auf das Rauchen verzichtet haben. Experimentelle Studien haben ergeben, dass durch das Tabakrauchen die Thrombozyten vermehrt aggregieren und die Kohlenstoffmonooxidkonzentration in Verbindung mit Hämoglobin (CO-Hb) steigt, wodurch sich der Sauerstofftransport durch die mikrovaskuläre Anastomose zum freien Gewebelappen zunehmend verschlechtert. Zusätzlich entstehen Schäden an der Intima von Arterien, die wiederum Arteriosklerose und die Entstehung von Plaqueablagerungen zur Folge haben. [33] [112] [113].

Bei der Auswertung der Datensätze meiner Arbeit ergab sich bei der Rauchergruppe kein signifikanter Einfluss auf eine Hautlappennekrose ($p=0,812$). Dieses Ergebnis bestätigt auch eine aktuelle Publikation über 969 freie Lappenplastiken zur mikrochirurgischen Rekonstruktion von Gewebedefekten an 897 Patienten. Beim Vergleich einer Raucher- mit einer Nichtrauchergruppe war kein signifikanter Unterschied bezüglich der Komplikationshäufigkeit ersichtlich. Die Studie wurde mit einem Nachbeobachtungszeitraum von drei Monaten durchgeführt [35]. Nach Abgleich unserer Ergebnisse mit aktueller Literatur stellt das Rauchen keinen unabhängigen Risikofaktor dar. Generell spielt in den ausgewerteten Studien auch der Wahrheitsgehalt der Patientenaussagen bezüglich ihres Rauchverhaltens eine wichtige Rolle bei der statistischen Auswertung [51]. Nichtsdestotrotz sollte versucht werden, Patienten im OP-Aufklärungsgespräch eindringlich vor den möglichen postoperativen Komplikationen zu warnen. Eine weitere Studie konnte anhand von 15 Publikationen aufzeigen, dass Patienten mit einer postoperativen Nikotinkarenz von einer Woche eine

signifikant geringere Lappenverlustrate hatten, als Patienten, die nur einen Tag auf Nikotin verzichtet hatten [57]. Generell gilt die Empfehlung, dass Patienten etwa sechs Wochen vorher und vier Wochen nach dem chirurgischen Eingriff eine strikte Nikotinkarenz einhalten sollten [103].

5.9 Diabetes Mellitus

Auch die verschiedenen Diabetes Mellitus Typen können einen potentiellen Risikofaktor für mögliche postoperative Komplikationen nach einem freien Gewebetransfer darstellen. Abweichungen von der physiologischen Funktion der Erythrozyten, erhöhte Insulinwerte und Durchblutungsstörungen können sich postoperativ nachteilig auf das Outcome auswirken [122]. Eine tierexperimentelle Studie zeigt einen neuen Anhaltspunkt bezüglich der negativen Auswirkungen von Diabetes auf die Wundheilung. So wurde bekannt, dass neutrophile Granulozyten extrazelluläre Fallen ausbilden, um Krankheitserreger zu phagozytieren. Bei „Diabetesmäusen“ wurden diese Netze schneller gebildet als üblich und dadurch wurden auch negative Auswirkungen festgestellt. Die Wundheilung war maßgeblich verschlechtert, weshalb sich größere Hautwunden entwickelten. Hier könnte in naher Zukunft pharmatherapeutisch eingegriffen werden [144].

In unserer Analyse waren 50 Patienten der Diabetikergruppe zugehörig. Nach statistischer Auswertung war keine signifikante Korrelation mit der Lappennekrose erkennbar ($p=0,329$). Mithilfe einer systematischen Metaanalyse wurden die Datensätze von 528 Patienten aus 18 verschiedenen Studien ausgewertet. Diese Personen hatten Diabetes Mellitus als Nebendiagnose und zudem einen freien Gewebetransfer an den unteren Extremitäten erhalten. In einer 28-monatigen postoperativen Beobachtungszeit überlebten 92 Prozent der transplantierten Lappenplastiken. Schlussfolgernd wurde festgestellt, dass die Wundheilung trotz Diabetes sehr gut verlief und durch die freie Lappenplastik viele Amputationen verhindert wurden [37].

Ein erhöhter Altersfaktor wurde zusätzlich in einer anderen Studie berücksichtigt. Es wurde anhand von 309 Patienten über dem 60. Lebensjahr untersucht, wie sich die Nebendiagnose Diabetes Mellitus auf freie Lappenplastiken auswirkt. Bei insgesamt 105 Diabetikern und 204 Nichtdiabetikern wurden nach oralen Tumorresektionen die

postoperativen Komplikationen ausgewertet. Es wurde eine signifikant höhere Komplikationsrate bei Patienten mit Diabetes Mellitus festgestellt [86].

Die Studienlage liefert momentan keine Erkenntnisse, dass Diabetes Mellitus die Erfolgsrate eines freien Gewebetransfers signifikant beeinflusst. Bezogen auf ältere Patienten ist es sowohl für die operierenden Chirurgen als auch für das gesamte Anästhesiepersonal wichtig zu wissen, dass durch diese Nebendiagnose die Wundheilung verzögert werden kann. Dies trifft vor allem auf die unteren Extremitäten zu, dem Hauptgebiet der frei transplantierten Lappenplastiken [10].

5.10 Mikrovaskuläre Anastomose

Bei unseren Untersuchungen ergab sich sowohl für eine bestimmte Anzahl von mikrovaskulär anastomosierten Arterien und Venen (eine vs. zwei) als auch für eine bestimmte OP-Technik (End-zu-End vs. End-zu-Seit) keine signifikante Korrelation in Bezug auf eine postoperative Lappennekrose.

Bezüglich der Anzahl der Venen zeigte eine aktuelle Metaanalyse von 15 Publikationen mit einer mittleren Stichprobengröße von 287 Patienten eine signifikante Korrelation mit weniger operativen Revisionseingriffen, wenn zwei Venen anastomosiert wurden [94]. Eine weitere Auswertung von 27 Artikeln und 7389 freien Lappenplastiken zur mikrochirurgischen Rekonstruktion von Gewebedefekten im Kopf und Hals Bereich zeigt, dass Patienten, die mit zwei venösen Anastomosen versorgt wurden einen deutlichen Vorteil haben gegenüber Patienten mit nur einer Venenanastomose. Das Versagen der Lappenplastik ist in der Gruppe mit zwei Venenanastomosen signifikant niedriger ($p=0,014$) [26]. Ähnliche Resultate zeigten insgesamt 6842 frei transplantierte Lappenplastiken mit einer Erfolgsrate von 97,48 Prozent. Eine einzelne Venenanastomose wurde in 4591 Fällen im Vergleich zu zwei venösen Anastomosen bei 2251 Operationen durchgeführt. Die statistische Analyse zeigte, auch nach Unterteilung in verschiedene Arten von Lappenplastiken, keine signifikanten Unterschiede zwischen der Venenanzahl. Trotzdem ist ein klarer Trend erkennbar. So war die Lappenversagensrate bei einer Vene bei 3,1 % und bei zwei Venen bei 1,3 %. Die Thromboserate war bei 3,1 % bei einer venösen Verbindung und bei 2,3 %, wenn zwei Venen verbunden wurden. 7,7 % der Anastomosen mit einer Vene und 6 % der Anastomosen mit zwei Venen mussten revidiert werden. Daher sprechen die Autoren

die Empfehlung aus, wann immer es möglich ist, zwei venöse Anastomosen bei freien Lappenplastiken zu verwenden [115].

Eine Metaanalyse mit 23 unterschiedlichen Arbeiten verglich freie Lappenplastiken mit einer und zwei Venenanastomosen, mit der Fragestellung, ob eine zweite venöse Anastomose tatsächlich die Thromboserate senken und die venöse Drainage verbessern kann oder ob der zweite Venenanschluss hinderlich ist, da er die tatsächliche Blutströmung pro Gefäß reduziert, was wiederum zu einem potentiell erhöhten Thromboserisiko führt [9]. Die Analyse konnte eine signifikant geringere Lappenverlust- ($p=0,03$) und Venenthromboserate ($p=0,047$) feststellen, wenn zwei Venen anastomosiert wurden. Resultierend daraus wird zur zweiten Venenanastomose geraten [3].

Es wurden auch zahlreiche Studien mit der Fragestellung durchgeführt, ob eine End-zu-End oder End-zu-Seit Anastomose bessere Resultate liefert. Eine weitere Metaanalyse verglich die End-zu-End und End-zu-Seit Anastomosentechniken für Arterien und Venen miteinander. Das relative Risiko für Thrombose und das Lappenversagen in End-zu-Seit gegen End-zu-End war in der venösen Anastomosengruppe 1.30 (95% Konfidenzintervall [CI]: 0.53-3.21) bzw. 1.50 (95% CI: 0.85-2.67). Bei der arteriellen Anastomosengruppe war das relative Risiko bei 1,04 (95% CI: 0,32-3,35) bzw. 1,04 (95% CI: 0,72-1,48). Die Unterschiede sind statistisch nicht signifikant, weshalb die Empfehlung geäußert wurde, die Anastomosentechnik von Fall zu Fall nach individuellen patientenbezogenen Faktoren zu entscheiden [2]. Ebenfalls nicht signifikant waren die Ergebnisse einer ähnlichen Studie mit 131 freien Lappenplastiken zur Rekonstruktion der unteren Extremitäten [75].

Auch eine weitere Arbeit kam beim Vergleich von verschiedenen arteriellen Anastomosevarianten zu ähnlichen Ergebnissen. Es wurden 413 freie Lappenplastiken an den unteren Extremitäten von 398 Patienten operiert. In 66 % der Fälle wurde die End-zu-End und in 34 % die End-zu-Seit Variante verwendet. Die Versagensrate der Hautlappen war insgesamt bei 11 %. Es wurden keine statistisch signifikanten Unterschiede bezüglich der Fußischämie ($p = 0,45$) und der Lappenversagensrate ($p = 0,59$) zwischen der End-zu-End im Vergleich zur End-zu-Seit Variante gefunden. Somit konnte für keine der beiden Varianten ein signifikanter Vorteil festgestellt werden. Daher gilt auch hier der Ratschlag, stets auf persönliche Risikofaktoren der Patienten zu

achten und unter Berücksichtigung der klinischen Gegebenheiten die passende Variante auszuwählen [24].

Um eine mögliche venöse Anastomosenproblematik möglichst frühzeitig zu erkennen, wird in spezialisierten Zentren intravenös mittels Kathetersonde der Venendruck der Anastomose bestimmt. Nun wurde anhand von 969 Patienten die Überlebensrate der freien Gewebetransfers verglichen. Bei der ersten Gruppe mit 271 Patienten wurde an den ersten drei postoperativen Tagen der venöse Lappendruck mittels Katheter gemessen, um einen erhöhten Venendruck oder Schwankungen zu detektieren. Bei der anderen Gruppe mit 698 Patienten wurde hierfür standardmäßig die Dopplersonographie verwendet. Bei 83% aller venösen Thrombosen überlebte der Gewebelappen anschließend, da die venöse Komplikation mittels venöser Katheterdruckmessung zeitnah erkannt wurde. Bei dem Patientenkollektiv mit Verwendung der Dopplersonographie gab es nur in 36% aller venösen Thrombosefälle ein Lappenüberleben. So resultiert das Fazit, dass eine intravenöse Druckmessung mithilfe einer Kathetersonde im Gewebelappen die Überlebensrate signifikant erhöht [93].

5.11 Coupler Systeme

Da Coupler Systeme bereits gezeigt haben, dass sie genauso effektiv einsetzbar sind als Alternative zur gängigen Gefäßanastomose per Hand, wurde in einer aktuellen Studie untersucht, ob der Durchmesser des verwendeten Couplers einen Einfluss auf die Revisionsrate nach venösen Komplikationen hat. So wurde pro Millimeter größerem Durchmesser eine signifikante Reduktion der Revisionsrate von mehr als 40% festgestellt. Bei einem Patientenkollektiv von 437 Patienten wurde ab einer Couplergröße von über 3 mm Durchmesser nach 12 Stunden keine venöse Stauung mehr beobachtet. So wird schlussendlich von den Autoren empfohlen, sich mehr Zeit zu nehmen für die Präparation der größtmöglichen Vene. Ebenso kann das postoperative Monitoring ab einem Venendurchmesser von 3 mm auf 24 Stunden beschränkt werden [69]. Auch die Analyse von 5643 freien Lappenplastiken zeigte vergleichbare Resultate. Bei Couplergrößen von 1,5 mm wurde, im Vergleich zu größeren Durchmessern, eine signifikant höhere Komplikationsrate bei venösen Thrombosen festgestellt. Resultierend daraus wurde die Empfehlung ausgesprochen, nur noch venöse Coupler mit

Durchmessern von mindestens 2 mm zu verwenden, oder aber auf herkömmlich handgenähte Gefäßanastomosen zurückzugreifen [46].

Chinesische Ärzte untersuchten im Zeitraum von 2013 bis 2015 mithilfe einer retrospektiven Studie 854 arterielle und venöse Coupler bei 601 freien Gewebetransfers im Kopf- und Halsbereich. Unter den vier verschiedenen Lappenplastiken war am häufigsten der ALT- Lappen transplantiert worden. Es wurden Verbindungen aus einer Vene (n=348), aus zwei Venen (n=406) und auch die Kombination aus zwei Venen und einer Arterie (n=100) anastomosiert. Es zeigte sich nach statistischer Auswertung eine Gesamterfolgsrate des Coupler Systems von 99 %. Die Ärzte fassten dahingehend den Entschluss, dass Coupler eine zuverlässige und zeitsparende Technik für die mikrovaskuläre Anastomose darstellen. Nachteilig stellen sich die hohen Beschaffungskosten dar, weshalb viele Kliniken noch auf die handgenähte Anastomosenvariante zurückgreifen [7].

Ökonomisch betrachtet gibt es ebenso unterschiedliche Ansichtsweisen beim Vergleich zwischen handgenähten und per Coupler verbundenen mikrochirurgischen Gefäßanastomosen. Bei Gegenüberstellung der finanziellen Aspekte zeigt sich, dass die Beschaffungskosten des Coupler Systems zwar anfangs höher ausfallen, diese sich jedoch mit Einsparung von Operationszeit und somit Operationskosten nach spätestens 13 Operationen wieder rentieren. Somit wäre die Umstellung auf ein Coupler-assistiertes Anastomosensystem langfristig zeitsparender und demzufolge auch kostengünstiger für die Kliniken [50]. Die Ausbildung der Assistenzärzte wird hierdurch komplexer, da sowohl das Couplerverfahren, als auch die Technik der handgenähten Anastomose gelehrt werden muss, um im Notfall flexibel zu reagieren.

5.12 Schnitt-Naht-Zeit

Unsere Datenlage zeigte keine Signifikanz bezüglich der Operationszeit. Das Risiko einer Lappennekrose war bei unseren Patienten bei einer dreistündigen Operation genauso hoch wie bei einem sechsstündigen Eingriff. Eine andere Arbeit mit 639 Patienten und 778 freien Lappenplastiken zeigte hingegen einen signifikanten Zusammenhang zwischen Schnitt-Naht-Zeit und dem Versagen der transplantierten Lappenplastik. Nach Ausschließen aller anderen Risikofaktoren zeigte sich, dass bei

allen Patienten, deren OP-Zeit gleich lang oder länger als die 75. Perzentile war, das Risiko für ein Lappenversagen doppelt so hoch war ($p=0,045$) [142].

Es wird stets eine möglichst kurze Schnitt-Naht-Zeit angestrebt. Diese intraoperative Zeitspanne hängt von vielen Parametern ab. Möglichst zügig wird versucht, die, mit Hilfe der Doppler- und Duplexsonographie, präoperativ angezeichneten Perforatoren intraoperativ zu detektieren, um die freie Lappenplastik zu heben. Dies gestaltet sich oft schwierig und zeitintensiv. Daher gibt es aktuell Bestrebungen die CT-Angiographie als Goldstandard zur Detektion von Perforatoren für freie Lappenplastiken mit einem alternativen Verfahren gleichzusetzen. Hierzu wurde die CT-Angiographie mit der Wärmebildtechnik verglichen. Es wurden bei 20 Patienten und 38 ALT-Lappenregionen mithilfe der CT-Angiographie 117 Perforatoren und mit der Wärmebildkamera 120 heiße Stellen gefunden. So konnte die Wärmebildkamera mit einer Sensitivität von 100 % und einer Spezifität von 98 % Perforatoren auffinden. So sind laut dieser Analyse beide Methoden mit gleich hoher Qualität einsetzbar [106].

5.13 Zeitspanne von Verletzung bis OP der freien Lappenplastik

Godina sprach 1986 die Empfehlung aus, einen entstandenen Gewebedefekt innerhalb von 72 Stunden mit einer freien Lappenplastik zu decken [40]. Diesen Entschluss fasste er nach eigenen Untersuchungen an 532 Patienten und deren freien Lappenplastiken an den unteren Extremitäten. Aktuell wurde durch eine Metaanalyse von 43 vorangegangenen Studien untersucht, wie sich die Komplikationsrate, in Bezug auf die Zeit von der Gewebeverletzung bis hin zum operativen Eingriff, verhält. Frühzeitige chirurgische Interventionen innerhalb der ersten drei Tage senken die Rate eines Lappenversagens und von Infektionen signifikant [49]. Entsprechende Ergebnisse zeigten 89 Patienten mit freien Lappenplastiken bei Zustand nach offenen Tibiafrakturen (Gustilo-Anderson III-B und III-C) [42]. Die zeitliche Grenze innerhalb dieser Patientengruppe lag bei 72 Stunden. Patienten, die im frühen Zeitraum mikrochirurgisch versorgt wurden, hatten eine signifikant geringere Infektionsrate, eine kürzere stationäre Verweildauer und eine insgesamt geringere Anzahl chirurgischer Eingriffe. Es waren jedoch keine Unterschiede bezüglich der Indikation zur Amputation oder dem Lappenversagen ersichtlich [27].

In unserer Arbeit wurde das Gegenteil festgestellt. So konnte anhand von 193 freien Lappenplastiken bei 177 Patienten statistisch signifikant gezeigt werden, dass ein längerer Zeitraum vom Zeitpunkt der Verletzung bis hin zur Deckung des Gewebedefekts, mit einer geringeren Lappennekroserate zusammenhängt. So hatten Patienten die innerhalb der ersten 72 Stunden operiert wurden eine höhere Komplikationsrate. Ähnliche Ergebnisse erzielte eine weitere Studie anhand von 14 mikrochirurgischen Rekonstruktionen im verzögerten posttraumatischen Zeitraum, also nach 72 Stunden. Es wurden keine Lappenverluste festgestellt. Somit ist eine effektive Operation einer freien Lappenplastik auch nach 72 Stunden sicher möglich. Es wird zudem die Empfehlung ausgesprochen eine Stabilisierung der Verletzung, ein sauberes Débridement und eine optimale Verbandspflege dem mikrochirurgischen Eingriff voranzustellen. In Zeiten der Unterdrucktherapie von Gewebedefekten ist die sorgfältige Planung einer Gefäßanastomose der möglichst schnellen Gewebedeckung vorzuziehen [64].

Ähnliches Fazit zieht eine weitere Arbeit mit 393 freien Lappenplastiken nach Gustilo IIIB/C Traumata an den unteren Extremitäten. Es resultierte bei Betrachtung der Gesamtkomplikationsraten und des Lappenversagens keine bestimmte Operationszeit mit signifikant besseren Ergebnissen. Hierbei wurden die drei Zeiträume bis zum 10. Tag, vom 11. bis 90. Tag und ab dem 90. Tag unterschieden. Die Patienten, die erst ab dem 90. Tag operiert wurden, zeigten eine höhere Erfolgsrate [114].

5.14 Gleichzeitige unfallchirurgische Versorgung

Unsere Analyse zeigt, dass die Patienten gleichzeitig zur freien Lappenplastik unfallchirurgisch (z.B. mit einer Plattenosteosynthese) versorgt werden können. Trotz des erhöhten Hämatomrisikos durch Knochenblutungen wurde kein signifikanter Unterschied im Outcome festgestellt. Gleichwertige Ergebnisse resultierten bei Nachuntersuchung in zwei weiteren Arbeiten. An einem kleinen Patientenkollektiv wurden Gewebedefekte am Unterschenkel zunächst mit Plattenosteosynthese und sofort danach im selben Eingriff mit einem freien Unterarmlappen versorgt. Hierbei konnten keine Komplikationen festgestellt werden [56]. Auch die Versorgung von Fersenwunden mit freien Radialislappen direkt nach offener Reposition zeigte funktionell und kosmetisch keine Komplikationen [59]. In einer weiteren Arbeit erhielten 122 Patienten aus unfallchirurgischer Sicht einen Ringfixateur nach Ilizarov

und im selben operativen Eingriff eine freie Lappenplastik von den plastischen Chirurgen. Trotz einer Komplikationsrate von 35,71 Prozent an den Nadelstellen des Ringfixateurs war das funktionelle Endergebnis zufriedenstellend [88]. Auch die Datenauswertung von 56 Patienten mit freiem Muskellappen und gleichzeitiger Anlage eines Ringfixateurs nach Ilizarov zeigte mit einem Nachbeobachtungszeitraum von 22 Monaten ausreichend gute Ergebnisse [100]. So kann die gleichzeitige unfallchirurgische Versorgung eines Patienten bei einer freien Lappenplastik sicher und ohne erhöhtes Risiko durchgeführt werden.

5.15 Kostenträger

Laut dem Jahresbericht „Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit“ des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales haben sich die Zahl der Arbeitsunfälle in den letzten Jahren erhöht [139]. Daher wurden alle operierten freien Lappenplastiken nach den dafür finanziell aufkommenden Kostenträgern aufgeteilt. Die Aufteilung ist nach „Berufsgenossenschaft“ und „anderen Kostenträgern“ erfolgt.

Die aktuelle Literatur gibt Einblicke in verschiedene Kostenträgermodelle weltweit. So wurden in Großbritannien die erstatteten Kosten von den jeweiligen Versorgungsstrukturen des Gesundheitssystems mit den tatsächlich entstandenen Kosten während der Operation einer freien Lappenplastik verglichen. Die tatsächlichen Endkosten (10953 – 12792 britische Pfund) waren mehr als doppelt so hoch als der erstattete Regelsatz (4220 – 4892 britische Pfund) [132].

Die deutsche Literatur zeigt eine Studie, in der gestielte und freie Lappenplastiken mit Hilfe des DRG-Systems (Diagnosis Related Groups) verglichen werden. So liegt die mittlere Verweildauer der Patienten mit einer Operation eines freien Lappens bei 15 Tagen. Im Gegensatz dazu liegen Patienten im Durchschnitt bei einer gestielten Lappenplastik nur 9 Tage. Der Erlös liegt im Durchschnitt bei 8936 €, wenn eine freie Lappenplastik operiert wird und bei 4582 € für gestielte Lappen. Generell entstehen aufgrund von Mischkalkulationen meistens Erlössummen, die sich nicht identisch mit der erbrachten medizinischen Leistung zur Deckung bringen lassen [87].

5.16 Lernkurve

Die Abteilung für Plastische, Ästhetische und spezielle Handchirurgie wurde 2012 durch Prof. S. Langer in die zuvor bestehende chirurgische Versorgung eingegliedert. Die Zahl der durchgeführten freien Lappenplastiken steigerte sich über die Jahre hinweg. Von anfangs um die 20 freie Lappenplastiken pro Jahr (2012: 19; 2013: 20; 2014: 25;) hat sich die Zahl in den darauffolgenden Jahren in etwa verdoppelt (2015: 42; 2016: 50; 2017: 44;). Eine optimale Lernkurve zeigt, dass mit zunehmender chirurgischer Berufserfahrung die Operationszeit gesenkt und die Komplikationsrate reduziert werden kann [48]. Die Entwicklung der Lernkurve ist abgeschlossen, sobald der Operateur sein individuelles Steady State Gleichgewicht erreicht hat. So können alle Daten mit den Literaturwerten verglichen werden, um so stets die Endergebnisse im Zuge des Qualitätsmanagements zu verbessern [18]. In dieser Dissertation wurde jedoch nicht jeder Operateur individuell beurteilt, sondern immer nur die Leistung des gesamten OP-Teams. So sind gemischte Qualifikations- und Erfahrungsniveaus von Assistenz- bis Chefarzt zusammengefasst. Da viele komplizierte Polytraumata und multimorbide Patienten versorgt wurden, blieb der Anforderungsgrad konstant hoch. Ebenso muss erwähnt werden, dass jeder Eingriff, trotz sehr individueller präoperativer Planung, durchaus intraoperativ verändert werden kann.

5.17 Lappenmonitoring

Der Zeitraum direkt nach einer mikrovaskulären Anastomosierung ist sehr entscheidend über den Erfolg des Eingriffs. Die Indikation zu einem Revisionseingriff besteht postoperativ dann, wenn sich die freie Lappenplastik im Heilungsprozess pathologisch verändert zeigt. Solche Fälle wären bei Entstehung eines Hämatoms, falscher Lagerung des Patienten oder zu straff gewickeltem Verbandsmaterial gegeben. Es können auch Komplikationen an den mikrochirurgisch anastomosierten Gefäßen resultieren, wenn sich Thrombosen oder Verdrehungen der Anastomosen ergeben. Die Patienten müssen daher während dem postoperativen Krankenhausaufenthalt achtsam sein, um den Bereich rund um die freie Lappenplastik optimal vor Verletzungen zu schützen. Trotzdem kommt es vor, dass beispielsweise nachts Fehllagerungen durch Schlafpositionsänderungen resultieren. Somit stellt die postoperative Überwachung der operierten Lappenplastik und insbesondere das Aufrechterhalten des Blutflusses durch die Anastomose die Hauptaufgabe dar, um ein optimales Endergebnis zu erzielen.

Bereits intraoperativ ist eine ausreichende Gewebepерfusion entscheidend für das Überleben der freien Lappenplastik. Hierzu stehen zahlreiche Möglichkeiten wie die Messung der Sauerstoffsättigung, Ultraschalltechniken, Fluoreszenzbildgebungen, Infrarot-, Laser- und thermische Verfahren zur Verfügung. Anhand einer umfangreichen Metaanalyse mit 2369 Verfahren bei 2009 Patienten wurde gezeigt, dass die Fluoreszenzbildgebung und das Laser-Doppler Verfahren die besten Resultate bei der intraoperativen Messung der Gewebedurchblutung erzielten [123].

Der aktuelle Goldstandard besteht einzig aus der klinischen Beobachtung der freien Lappenplastik. Hierbei wichtige Parameter sind die Temperatur der Hautoberfläche, die Rekapillarierungszeit, der Hautturgor und die Farbe der Haut. Letzteres kann auf eine venöse Stauung, bei bläulich livider Verfärbung, oder eine arterielle Problematik, bei blasser Haut, hinweisen [17]. Nach diesem Muster wird auch im Universitätsklinikum Leipzig vorgegangen. Da dieses Verfahren sehr subjektiv und beobachterabhängig ist, kann die Dopplersonographie als zusätzliches Verfahren Anwendung finden. Diese hat sich im Vergleich als einfach handhabbar und kostengünstig herausgestellt. Mit technischem Fortschritt entwickelten sich viele weitere Monitoringverfahren. So sind implantierbare Dopplersysteme, Überwachungsmethoden der Hautoberflächentemperatur, die NIRS (Nahinfrarot-Spektroskopie) und die Telemedizin zu erwähnen. Das Ziel liegt darin, eine möglichst objektive und zuverlässige Aussage über den Zustand der freien Lappenplastik zu treffen [107].

In vielen Kliniken wird mit Hilfe eines tragbaren Dopplersonographen postoperativ die mikrovaskulär geschaffene Anastomose beurteilt. Diesem Verfahren steht eine implantierbare Version gegenüber. Bei dem direkten Vergleich anhand von 176 freien Lappenplastiken hat sich das implantierbare Dopplerverfahren (98,0%) gegenüber der externen Dopplersonographie (89,3%) bezüglich dem Gesamtlappenüberleben als signifikant besser herausgestellt. Somit kann von einer Risikosenkung für postoperative Lappenkomplikationen ausgegangen werden [55]. Die Farbdopplersonographie bietet hingegen noch den Vorteil der visuellen Darstellung venöser und arterieller Blutflüsse. So sind Gefäßverschlüsse sicher zu identifizieren und eine rechtzeitige Revision ist möglich. Dies zeigt auch eine Studie zur Beurteilung der Durchströmung der Gefäßstiele von 46 Musculus gracilis Lappenplastiken. Die postoperative Durchblutung

wurde überwacht und der Farbdoppler zeigte sich als sicheres Instrument zur postoperativen Überprüfung der Muskelperfusion [134]. Auch in experimentellen Tiermodellen konnten bessere postoperative Ergebnisse und eine niedrigere Komplikationsrate mit einer zusätzlichen Farbbildgebung erreicht werden. So wurde an der Anastomosestelle ein resorbierbarer Marker bestehend aus Polylaktat-Glykolsäure (PLGA) chirurgisch implantiert, um postoperativ eine zuverlässige Überwachung zu ermöglichen. In einem Zeitraum von drei bis sechs Monaten war so eine stetige Kontrolle unter Zuhilfenahme der Farbdopplersonographie möglich [30].

Die vorhandene Literatur gibt auch Temperaturrichtwerte für die Hautoberfläche der freien Lappenplastik an. Anhand von 54 freien Lappen wurde signifikant aufgezeigt, dass bei einer arteriellen Thrombose ein Temperaturabfall von 3° C, und bei einem venösen Verschluss ein Anstieg von 1°- bis 2° C resultiert [81]. Dies kann als Orientierungshilfe dienen, um schneller eine Veränderung zu erkennen. Ebenfalls üblich ist die Anwendung des Pinprick Tests. Nach einem kleinen Nadelstich in die Oberfläche der Lappenplastik wird die Reaktion begutachtet. Entsteht kein Blutstropfen, so kann ein arterieller Verschluss als Ursache zugrunde liegen. Ist das Blut dunkelrot, geht man von einer venösen Blutabflussstörung aus. Hellrotes Blut kennzeichnet meist ein zufriedenstellendes Resultat [17].

Auch die Szintigraphie kann wegweisend sein bei der postoperativen Beurteilung von freien Lappenplastiken. Bei vier von dreizehn freien Muskellappen resultierte eine Minderperfusion. Die Szintigraphie schnitt beim Vergleich mit der gegenwärtigen klinischen Begutachtung und der Dopplersonographie besser ab. So erkannte das szintigraphische Verfahren, im Gegensatz zu beiden anderen Methoden, bei zwei von vier Muskellappen eine Ischämie [131]. Es werden jedoch zusätzliche Vergleichsstudien empfohlen, um langfristige Veränderungen zu detektieren.

Da bei einer Minderdurchblutung des Gewebes sich die Konzentrationen von Glukose und anderen Parametern wie z.B. Laktat verändert, werden vermehrt auch Glukosemesssysteme eingesetzt. Bei einer Gefäßokklusion, wird der Bluttransport vermindert und Glukose wird im Zuge dessen zu Laktat metabolisiert. Die Senkung des Glukosewertes lässt sich so nachweisen. Mit 82 freien Lappenplastiken wurden die Veränderungen der Glukose- und Laktatkonzentration im Blut in einer Zeitspanne von

48 Stunden nach dem Eingriff aufgezeigt. Es wurde eine Senkung des Blutglukose- und eine Erhöhung des Laktatspiegels bei allen Lappenplastiken nachgewiesen, bei denen eine Beeinträchtigung des Blutflusses bestand [68]. Neuere Systeme funktionieren mit Hilfe eines kleinen Messgerätes wie bei der routinemäßigen Blutzuckerbestimmung am Finger. Nach einer Stichinzision wird das Blut über ein Hautpaddel in das Gerät geleitet und die Glukose- und Laktatkonzentration kann bestimmt werden. Nachgewiesen wurde auch, wie effizient und kostengünstig das Verfahren im Vergleich zur standardisierten klinischen Überwachung funktioniert. In über eineinhalb Jahren wurden 37 Lappenplastiken untersucht. Mit einer Sensitivität von 98,5% und einer Spezifität von 99,5% zeigte das Messgerät zuverlässig alle Veränderungen an. Diese Veränderungen traten im Durchschnitt 5,7 Stunden früher auf als die klinischen Symptome [52].

Auch die Messung der Hautoberflächentemperatur zeigte sich in zahlreichen Studien als sicher und einfach in der Handhabung. Eine Arbeit beschäftigte sich mit dem Ohrthermometer als Instrument zur Überwachung der freien Lappenplastik. Dieses wurde im Stundentakt zentral auf den Lappen gehalten. Es wurde von einem arteriellen Verschluss ausgegangen, wenn ein Temperaturabfall um mehr als 2°C im Vergleich zur restlichen Haut vorlag [63]. Die Temperaturbestimmung ist auch einfach und günstig mit Indikatormessstreifen möglich. Diese geben nach Anbringen auf der Lappenoberfläche Abweichungen von 2°C an. Zur Kontrolle wird noch ein weiterer Streifen auf die native Haut gelegt. Dieses Verfahren wird im Zusammenhang mit der Dopplersonographie empfohlen [22].

Möglich sind auch moderne Licht-assoziierte Verfahren, die die Sauerstoffsättigung im Gewebe messen. Bei der Nahinfrarot-Spektroskopie (NIRS) ist das Hauptkriterium der oxygenierte und desoxygenierte Zustand des Hämoglobins. Licht unterschiedlicher Wellenlängen wird auf die Lappenplastik ausgestrahlt und unterschiedlich stark absorbiert. Bei einer Metaanalyse mit acht Studien wurden 629 Patienten, die nach insgesamt 710 freien Lappenplastiken eine NIRS Überwachung erhalten haben, mit einer Kontrollgruppe von 430 Patienten und 433 freien Lappen ohne NIRS Überwachung verglichen. Bei der zweiten Gruppe wurden Auffälligkeiten nur klinisch überprüft. Die NIRS-Methode verzeichnete eine Sensitivität und Spezifität von 100% und eine signifikant bessere Lappenüberlebensrate. Somit ist nachweislich eine sichere und zuverlässige postoperative Überwachung möglich [21].

Eine ähnliche Möglichkeit des postoperativen Lappenmonitorings ist die Weißlicht-Spektroskopie, oder auch VLS (Visible Light Spectroscopy) genannt. Da das Hämoglobin weißes Licht besser absorbiert als Infrarotlicht, eignet sich dieses Verfahren besonders zur schnellen postoperativen Aufklärung. Sauerstoffveränderungen oder eine Minderdurchblutung können so unmittelbar aufgedeckt werden [31]. Bei Untersuchung der Empfindlichkeit, Spezifität und Genauigkeit des Weißlichtverfahrens wurden anhand von 68 Patienten und 81 freien Lappenplastiken bessere Resultate erzielt, als im Vergleich dazu mit der herkömmlichen klinischen Überwachung oder der Dopplersonographie [99].

Auch fotografische Techniken und Kamerasysteme haben sich in den letzten Jahren stetig verbessert und können sehr hilfreich sein bei der Beurteilung freier Lappenplastiken. Es wird, sowohl mit dem VLS- (Visible Light Spectroscopy), als auch mit dem NIRS-Verfahren (Nahinfrarot-Spektroskopie) die Lichtabsorption gemessen und die Sauerstoffsättigung grafisch dargestellt [53]. Genauer betrachtet existieren momentan drei technische Systeme. Die SDF (Sidestream Dark Field Imaging), die HSI (Hyperspectral Imaging) und die DOI (diffuse optische Bildgebung). Die Seitenstrom-Dunkelfeld-Bildgebung (SDF) ist zur Darstellung kleinster Gefäßstrukturen geeignet. Mit Hilfe von grünen Leuchtdioden wird die Anastomose eingestrahlt und die Erythrozyten absorbieren das Licht und heben sich so vom Hintergrund ab. Auf diese Weise ist ein venöser oder arterieller Blutstau sofort erkennbar. Mithilfe der SDF Technik zeigten sich im postoperativen Einsatz nach DIEAP-Lappen Operationen keine Komplikationen und die Aufnahmen waren äußerst zufriedenstellend [47].

Die hyperspektrale Bildgebung (HSI) untersucht den Sauerstoffgehalt im Gewebe der freien Lappenplastik. Je nach Oxygenierungszustand des Gewebes, findet eine unterschiedliche Absorption und Reflexion des Lichtes statt. Anhand dessen werden in wenigen Sekunden farbige Bilder dieser verschiedenen Spektren erstellt. Mit Hilfe einer farbigen Kontrollskala ist nachvollziehbar, ob das Gewebe perfundiert ist oder der Blutfluss verhindert wird durch eine Okklusion. Dieses Verfahren ist kontaktlos möglich, wobei der Anwender am besten hierfür das Umgebungslicht dimmen sollte [53].

Die diffuse optische Bildgebung (DOI) zeigt mit Hilfe von mehreren Nahinfrarot Leuchtdioden ein dreidimensionales farbiges Bild der Lappenoxgenierung. Hierfür wird eine Sonde auf die Hautoberfläche gelegt, um gleichzeitig an verschiedenen Stellen und Tiefen den (des-)oxygenierten Zustand des Hämoglobins zu messen. So kann die genaue Lokalisation des Gefäßverschlusses erfolgen. In Untersuchungen zeigte dieses Verfahren in wenigen Sekunden Perfusionsstörungen an. Daher wäre in Zukunft der Versuch anzustreben, mit diesem Verfahren die Komplikationsrate freier Lappenplastiken zu senken [109].

Die LROI (Luminescence radiometric oxygen imaging) Methode ist zur indirekten Messung des Sauerstoffgehalts des Gewebes geeignet. Das Instrument besteht aus einer fluoreszierenden Sauerstoffsensorfolie, die direkten Hautkontakt hat. Diese wiederum besteht aus zwei Schichten. Die hautnahe Schicht besteht aus einer sauerstoffpermeablen Polymerschicht und die zweite Schicht aus einer impermeablen Polyesterschicht. Je nach Sauerstoffbedarf geht der Sauerstoff aus der Umgebungsluft durch die Polymerschicht hindurch in das Lappengewebe. Durch die Messung des verbliebenen Sauerstoffanteils in der Polymerschicht, ist eine Aussage über die Gewebedurchblutung möglich. Dieses Verfahren zeigte beim Test an 42 freien Lappenplastiken signifikant, den Unterschied zwischen klinisch gut und schlecht perfundierten Lappenplastiken, an ($p < 0,005$). Ein Schwellenwert von 0,3/100 Sekunden wurde eingeführt. Werte darüber zeigten einen minderperfundierten Lappen an [98].

Als komplexere Alternative zu allen Verfahren ist noch die Photoplethysmographie (=PPG) zu erwähnen. Diese misst sowohl die Sauerstoffsättigung im Gewebe als auch den Puls. Rotes Licht im sichtbaren Bereich und Infrarotlicht werden auf die freie Lappenplastik eingestrahlt. Durch unterschiedliche Absorptionseigenschaften von oxygeniertem und desoxygeniertem Hämoglobin, lässt sich ein Perfusionsdefizit im Gewebe erkennen. Dies lässt einen Rückschluss auf arterielle oder venöse Gefäßokklusionen zu. Mehrere Arbeiten bestätigten den sinnvollen Einsatz dieses Verfahrens zur postoperativen Echtzeitüberwachung freier Lappenplastiken, um die Komplikationsrate zu minimieren. Da sich die Patientenzahlen im unteren zweistelligen Bereich befinden, wären weitere Untersuchungen mit einem größeren Patientenkollektiv anzustreben [65] [148].

6 Zusammenfassung

Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades: Dr. med.

**Titel: Der Stellenwert mikrovaskulärer Lappenplastiken
in der modernen rekonstruktiven Chirurgie**

Eingereicht von: Sergey Arakelyan

Angefertigt an: Klinik und Poliklinik für Orthopädie, Unfallchirurgie und
Plastische Chirurgie, Bereich für Plastische, Ästhetische und
spezielle Handchirurgie

Betreut von: Univ.- Prof. Dr. med. Stefan Langer
Dr. med. Olimpiu Bota

Eingereicht im: 14.11.2019

Heutzutage stellt die freie mikrovaskulär anastomosierte Lappenplastik den Goldstandard in der plastisch rekonstruktiven Wiederherstellungschirurgie dar. Dieses Verfahren findet mit zunehmender Häufigkeit Einsatz, um komplexe Gewebedefekte zu decken, eine drohende Endgliedamputation zu vermeiden, oder um nach onkologisch bedingten Tumorresektionen die Funktionsfähigkeit des Gewebeabschnittes zu rekonstruieren und ästhetisch zu formen. Obwohl die Erfolgsquote nach einem freien Gewebetransfer hoch ist, zeigt sich auch regelmäßig die Indikation zu Revisionseingriffen. Hauptverantwortlich hierfür sind meist Wundheilungsstörungen oder Insuffizienzen der mikrovaskulär geschlossenen Gefäßanastomosen.

Meine Arbeit zielte auf die retrospektive Auswertung von freien Lappenplastiken im Zeitraum von Mai 2012 bis Oktober 2017 am Universitätsklinikum Leipzig. Hauptaufgabe war es, mögliche Risikofaktoren auf statistische Signifikanz zu überprüfen, um so mögliche Ausschlusskriterien zu finden, unter denen eine freie Lappenplastik mit einer erhöhten postoperativen Komplikationsrate einhergeht. Hierzu wurden 193 freie Gewebetransfers bei 177 Patienten aus der Abteilung für Plastische, Ästhetische und spezielle Handchirurgie näher betrachtet. 14 der 177 Patienten haben zwei, und ein Patient drei freie Hautlappentransplantationen erhalten, da bei diesen Patienten postoperativ Lappenkomplikationen aufgetreten sind. Bei 32 von 193 freien Gewebetransfers folgte eine komplette Lappennekrose auf die freie Lappenplastik.

Daher ist es besonders wichtig, bereits präoperativ die potentielle Patientengruppe ausfindig zu machen, bei der postoperativ eine erneute Revisionsoperation indiziert sein könnte. Hierbei ist die Kenntnis über alle vorhandenen Risikofaktoren des jeweiligen Patienten der entscheidende Faktor. In dieser Arbeit wurden patientenbezogene Risikofaktoren wie ein erhöhtes Lebensalter, arterielle Hypertonie, Diabetes Mellitus, Nikotinabusus und ein erhöhter Body-Mass-Index untersucht und die Ergebnisse anschließend mit dem aktuellen Literaturstand verglichen. Es wurde der Frage nachgegangen, ob diese Risikofaktoren eine signifikante Verschlechterung des Lappenüberlebens nach sich ziehen und sich somit die Lappenkomplikationsrate erhöht. Ebenso wurden patientenunspezifische Einflussgrößen wie die Schnitt-Naht-Zeit der Operation, die Größe der operierten Lappenplastik, oder die Art und Weise der mikrovaskulären Anastomose statistisch analysiert. Besonders wichtig erscheint ebenfalls die postoperative Überwachung des frei transplantierten Lappens. So müssen Störungen der Mikrozirkulation schnellstmöglich detektier- und behebbar sein.

Die Auswertung dieser Arbeit zeigt, dass im präoperativen Setting nahezu keine signifikanten Risikofaktoren relevant sind, die die Indikationstellung zu einer freien Lappenplastik verhindern. Auch verschiedene Anastomosetechniken mit einer oder zwei Venen oder Arterien und einer jeweiligen End-zu-End und End-zu-Seit Anastomose waren statistisch nicht signifikant. Allein die Zeit zwischen einem Unfallereignis oder dem letzten Débridement und der Deckung des entstandenen Gewebedefekts mit Hilfe einer freien Lappenplastik zeigte sich als signifikanter Faktor.

Patienten die innerhalb der ersten 72 Stunden nach einem Unfall eine freie Lappenplastik erhalten haben, zeigten postoperativ eine höhere Lappennekroserate.

Letztendlich zeigt diese Dissertation, dass es prä- peri- und postoperativ einer interdisziplinär engen Interaktion zwischen den einzelnen Fachbereichen der Inneren Medizin, Anästhesie, Unfall- und plastischer Chirurgie bedarf, um konstant ein möglichst positives Outcome für jeden Patienten nach freier Lappenplastik zu ermöglichen. Es existieren nach Auswertung aller Datensätze und unter Berücksichtigung aller vorhandenen Komorbiditäten der jeweiligen Patienten nahezu keine signifikanten patientenspezifischen Risikofaktoren. Die Indikation zur freien Lappenplastik kann somit bei größeren Gewebedefekten großzügig gestellt werden. In Anbetracht der Vielzahl vorhandener Möglichkeiten zur postoperativen Überwachung wäre auch am Universitätsklinikum Leipzig die Möglichkeit gegeben, eines dieser Verfahren zu standardisieren, um die totale Lappennekroserate von 16% langfristig zu minimieren.

Diese Arbeit hat mit statistischer Signifikanz gezeigt, dass eine spätere plastische Deckung weniger Komplikationen, und vor allem weniger Lappenverluste im Vergleich zu einer frühzeitigen Rekonstruktion mit sich bringt. Zukünftig sollte die Stabilisierung des Patienten, das sequentielle Débridement und die knöcherne Rekonstruktion im Vordergrund durchgeführt werden. Im Zeitalter der Vakuumversiegelung hat sich die Zeitspanne bis zur plastischen Deckung verlängert und die zusätzlichen Behandlungskosten könnten durch die besseren Ergebnisse begründet werden.

7 Literatur

- [1] *Abe Y., Kashiwagi K., Ishida S., Mineda K., Yamashita Y., Hashimoto I.* Risk factors for delayed healing at the free anterolateral thigh flap donor site. *Archives of Plastic Surgery*. 2018; 45: 51–57.
- [2] *Ahmadi I., Herle P., Miller G., Hunter-Smith D. J., Leong J., Rozen W. M.* End-to-End versus End-to-Side Microvascular Anastomosis. A Meta-analysis of Free Flap Outcomes. *Journal of reconstructive microsurgery*. 2017; 33: 402–411.
- [3] *Ahmadi I., Herle P., Rozen W. M., Leong J.* One versus two venous anastomoses in microsurgical free flaps: a meta-analysis. *Journal of reconstructive microsurgery*. 2014; 30: 413–418.
- [4] *Ahmed W., Jackson M. J.* *Surgical Tools and Medical Devices*, 2. Aufl. Cham, s.l.: Springer International Publishing; 2016.
- [5] Alter nach der WHO-Klassifikation - das ist, wie viel? Welches Alter ist ältere betrachtet? <http://de.nextews.com/95ff2341/>.
- [6] *Ariyan S.* The pectoralis major myocutaneous flap. A versatile flap for reconstruction in the head and neck. *Plastic and reconstructive surgery*. 1979; 63: 73–81.
- [7] *Assoumane A., Wang L., Liu K., Shang Z.-J.* Use of couplers for vascular anastomoses in 601 free flaps for reconstruction of defects of the head and neck. Technique and two-year retrospective clinical study. *The British journal of oral & maxillofacial surgery*. 2017; 55: 461–464.
- [8] *Badash I., Gould D. J., Patel K. M.* Supermicrosurgery: History, Applications, Training and the Future. *Frontiers in surgery*. 2018; 5: 23.
- [9] *Bagot C. N., Arya R.* Virchow and his triad: a question of attribution. *British journal of haematology*. 2008; 143: 180–190.
- [10] *Baltzis D., Eleftheriadou I., Veves A.* Pathogenesis and treatment of impaired wound healing in diabetes mellitus. New insights. *Advances in therapy*. 2014; 31: 817–836.
- [11] *Beausang E. S., Ang E. E., Lipa J. E., Irish J. C., Brown D. H., Gullane P. J., Neligan P. C.* Microvascular free tissue transfer in elderly patients. The Toronto experience. *Head & neck*. 2003; 25: 549–553.
- [12] *Bennett N., Choudhary S.* Why climb a ladder when you can take the elevator? *Plastic and reconstructive surgery*. 2000; 105: 2266.

- [13] *Berger A., Hierner R.* Plastische Chirurgie - Mamma, Stamm, Genitale. Berlin, Heidelberg: Springer; 2006.
- [14] *Blondeel P. N., Morris S. F., Hallock G. G.* Perforator Flaps. Anatomy, Technique, & Clinical Applications: Thieme Medical Pub; 2013.
- [15] *Boca R., Kuo Y.-R., Hsieh C.-H., Huang E.-Y., Jeng S.-F.* A reliable parameter for primary closure of the free anterolateral thigh flap donor site. Plastic and reconstructive surgery. 2010; 126: 1558–1562.
- [16] *Bostwick J., Vasconez L. O., Jurkiewicz M. J.* Breast reconstruction after a radical mastectomy. Plastic and reconstructive surgery. 1978; 61: 682–693.
- [17] *Bradford C. R.* Flap monitoring. Facial plastic surgery : FPS. 1996; 12: 19–21.
- [18] *Buchmann P., Dinçler S.* Lernkurve--Berechnung und Stellenwert in der laparoskopischen Chirurgie. Therapeutische Umschau. Revue therapeutique. 2005; 62: 69–75.
- [19] *Bullocks J., Naik B., Lee E., Hollier L.* Flow-through flaps: a review of current knowledge and a novel classification system. Microsurgery. 2006; 26: 439–449.
- [20] *Chang L. D., Buncke G., Slezak S., Buncke H. J.* Cigarette smoking, plastic surgery, and microsurgery. Journal of reconstructive microsurgery. 1996; 12: 467–474.
- [21] *Chen Y., Shen Z., Shao Z., Yu P., Wu J.* Free Flap Monitoring Using Near-Infrared Spectroscopy: A Systemic Review. Annals of Plastic Surgery. 2016; 76: 590–597.
- [22] *Chiu E. S., Altman A., Allen R. J.* Free flap monitoring using skin temperature strip indicators: adjunct to clinical examination. Plastic and reconstructive surgery. 2008; 122: 144e-145e.
- [23] *Cho A. B., Paulos R. G., Bersani G., Iamaguchi R. B., Torres L. R., Wei T. H., Resende M. R. de, Júnior R. M.* A reinforcement of the sutured microvascular anastomosis with fibrin glue application: A retrospective comparative study with the standard conventional technique. Microsurgery. 2017; 37: 218–221.
- [24] *Cho E. H., Garcia R. M., Blau J., Levinson H., Erdmann D., Levin L. S., Hollenbeck S. T.* Microvascular Anastomoses Using End-to-End versus End-to-Side Technique in Lower Extremity Free Tissue Transfer. Journal of reconstructive microsurgery. 2016; 32: 114–120.
- [25] *Cho E. H., Shammass R. L., Carney M. J., Weissler J. M., Bauder A. R., Glener A. D., Kovach S. J., Hollenbeck S. T., Levin L. S.* Muscle versus Fasciocutaneous Free Flaps in Lower Extremity Traumatic Reconstruction: A Multicenter Outcomes Analysis. Plastic and reconstructive surgery. 2018; 141: 191–199.

- [26] *Christianto S., Lau A., Li K. Y., Yang W. F., Su Y. X.* One versus two venous anastomoses in microsurgical head and neck reconstruction: a cumulative meta-analysis. *International journal of oral and maxillofacial surgery*. 2018; 47: 585–594.
- [27] *Chua W., De S. D., Lin W. K., Kagda F., Murphy D.* Early versus late flap coverage for open tibial fractures. *Journal of orthopaedic surgery (Hong Kong)*. 2014; 22: 294–298.
- [28] *Cleveland E. C., Fischer J. P., Nelson J. A., Wink J. D., Levin L. S., Kovach S. J.* Free flap lower extremity reconstruction in the obese population: does weight matter? *Journal of reconstructive microsurgery*. 2014; 30: 263–270.
- [29] *Cobbett J. R.* Free digital transfer. Report of a case of transfer of a great toe to replace an amputated thumb. *The Journal of bone and joint surgery. British volume*. 1969; 51: 677–679.
- [30] *Coon D., Chen L., Boctor E. M., Prince J. L., Bojovic B.* Proof-of-Concept Studies for Marker-Based Ultrasound Doppler Analysis of Microvascular Anastomoses in a Modified Large Animal Model. *Journal of reconstructive microsurgery*. 2016; 32: 251–255.
- [31] *Cornejo A., Rodriguez T., Steigelman M., Stephenson S., Sahar D., Cohn S. M., Michalek J. E., Wang H. T.* The use of visible light spectroscopy to measure tissue oxygenation in free flap reconstruction. *Journal of reconstructive microsurgery*. 2011; 27: 397–402.
- [32] *Davidge K., Pusic A., Disa J. J., Mehrara B. J.* Use of the anterolateral thigh flap as an alternative to the rectus flap in obese and overweight patients. *Annals of Plastic Surgery*. 2006; 56: 536–539.
- [33] *Davis J. W., Davis R. F.* Acute effect of tobacco cigarette smoking on the platelet aggregate ratio. *The American journal of the medical sciences*. 1979; 278: 139–143.
- [34] *DeLong M. R., Tandon V. J., Rudkin G. H., Da Lio A. L.* Latissimus Dorsi Flap Breast Reconstruction-A Nationwide Inpatient Sample Review. *Annals of Plastic Surgery*. 2017; 78: S185-S188.
- [35] *Ehrl D., Heidekrueger P. I., Haas E. M., Coenen M., Giunta R., Ninkovic M., Broer P. N.* Does Cigarette Smoking Harm Microsurgical Free Flap Reconstruction? *Journal of reconstructive microsurgery*. 2018; 34: 492–498.

- [36] Ehrl D., Heidekrueger P. I., Ninkovic M., Broer P. N. Effect of Preoperative Medical Status on Microsurgical Free Flap Reconstructions. A Matched Cohort Analysis of 969 Cases. *Journal of reconstructive microsurgery*. 2018; 34: 170–175.
- [37] Fitzgerald O'Connor E. J., Vesely M., Holt P. J., Jones K. G., Thompson M. M., Hinchliffe R. J. A systematic review of free tissue transfer in the management of non-traumatic lower extremity wounds in patients with diabetes. *European journal of vascular and endovascular surgery : the official journal of the European Society for Vascular Surgery*. 2011; 41: 391–399.
- [38] Gaus W., Muche R. *Medizinische Statistik. Angewandte Biometrie für Ärzte und Gesundheitsberufe*, 2. Aufl. Stuttgart: Schattauer; 2017.
- [39] *Generali Deutschland AG G. D.* Generali Altersstudie 2017. Wie ältere Menschen in Deutschland denken und leben, 1. Aufl. Berlin: Springer Berlin; Springer; 2017.
- [40] Godina M. Early microsurgical reconstruction of complex trauma of the extremities. *Plastic and reconstructive surgery*. 1986; 78: 285–292.
- [41] Gottlieb L. J., Krieger L. M. From the reconstructive ladder to the reconstructive elevator. *Plastic and reconstructive surgery*. 1994; 93: 1503–1504.
- [42] Gustilo R. B., Anderson J. T. Prevention of infection in the treatment of one thousand and twenty-five open fractures of long bones: retrospective and prospective analyses. *The Journal of bone and joint surgery. American volume*. 1976; 58: 453–458.
- [43] Hallock G. G. Simplified nomenclature for compound flaps. *Plastic and reconstructive surgery*. 2000; 105: 1465-70; quiz 1471-2.
- [44] Hallock G. G. Further clarification of the nomenclature for compound flaps. *Plastic and reconstructive surgery*. 2006; 117: 151e-160e.
- [45] Hallock G. G. The complete nomenclature for combined perforator flaps. *Plastic and reconstructive surgery*. 2011; 127: 1720–1729.
- [46] Hanson S. E., Mitchell M. B., Palivela N., Peng S. A., Feng L., Largo R. D., Butler C. E., Garvey P. B. Smaller Diameter Anastomotic Coupling Devices Have Higher Rates of Venous Thrombosis in Microvascular Free Tissue Transfer. *Plastic and reconstructive surgery*. 2017; 140: 1293–1300.
- [47] Hardwicke J. T., Bella H., Waters R. A. Sidestream Dark Field imaging as an adjunct to free flap monitoring. *Journal of plastic, reconstructive & aesthetic surgery : JPRAS*. 2014; 67: 875–877.

- [48] *Hasan A.* New surgical procedures. Can we minimise the learning curve? *BMJ*. 2000; 320: 171–173.
- [49] *Haykal S., Roy M., Patel A.* Meta-analysis of Timing for Microsurgical Free-Flap Reconstruction for Lower Limb Injury. Evaluation of the Godina Principles. *Journal of reconstructive microsurgery*. 2018.
- [50] *Head L. K., McKay D. R.* Economic Comparison of Hand-Sutured and Coupler-Assisted Microvascular Anastomoses. *Journal of reconstructive microsurgery*. 2018; 34: 71–76.
- [51] *Hedda Nier.* Jeder Dritte lügt beim Arzt. <https://de.statista.com/infografik/12363/unwahrheiten-beim-arztbesuch/>.
- [52] *Henault B., Pluvy I., Pauchot J., Sinna R., Labruère-Chazal C., Zwetyenga N.* Capillary measurement of lactate and glucose for free flap monitoring. *Annales de chirurgie plastique et esthetique*. 2014; 59: 15–21.
- [53] *Holmer A., Tetschke F., Marotz J., Malberg H., Markgraf W., Thiele C., Kulcke A.* Oxygenation and perfusion monitoring with a hyperspectral camera system for chemical based tissue analysis of skin and organs. *Physiological measurement*. 2016; 37: 2064–2078.
- [54] *Horn D., Jonas R., Engel M., Freier K., Hoffmann J., Freudlsperger C.* A comparison of free anterolateral thigh and latissimus dorsi flaps in soft tissue reconstruction of extensive defects in the head and neck region. *Journal of cranio-maxillo-facial surgery : official publication of the European Association for Cranio-Maxillo-Facial Surgery*. 2014; 42: 1551–1556.
- [55] *Hosein R. C., Cornejo A., Wang H. T.* Postoperative monitoring of free flap reconstruction. A comparison of external Doppler ultrasonography and the implantable Doppler probe. *Plastic surgery (Oakville, Ont.)*. 2016; 24: 11–19.
- [56] *Hülsbergen-Krüger S., Hammer H., Vossman H.* Deckung von Haut-Weichteildefekten mit dem freien Unterarmklappen bei freiliegendem Osteosynthesematerial im Unterschenkelbereich. *Handchirurgie, Mikrochirurgie, plastische Chirurgie : Organ der Deutschsprachigen Arbeitsgemeinschaft für Handchirurgie : Organ der Deutschsprachigen Arbeitsgemeinschaft für Mikrochirurgie der Peripheren Nerven und Gefässe : Organ der V...* 1991; 23: 183–188.
- [57] *Hwang K., Son J. S., Ryu W. K.* Smoking and Flap Survival. *Plastic surgery (Oakville, Ont.)*. 2018; 26: 280–285.

- [58] *Iamaguchi R. B., Takemura R. L., Silva G. B., Oliveira Alves J. A. de, Torres L. R., Cho A. B., Wei T. H., Rezende M. R. de, Mattar R.* Peri-operative risk factors for complications of free flaps in traumatic wounds - a cross-sectional study. *International orthopaedics*. 2018.
- [59] *Jachna J. T., Toby E. B., Horton G. A.* Radial forearm free flap for coverage of postoperative lateral heel wounds after open reduction and internal fixation of the calcaneus. *The Journal of foot and ankle surgery : official publication of the American College of Foot and Ankle Surgeons*. 2003; 42: 276–281.
- [60] *JACOBSON J. H., WALLMAN L. J., SCHUMACHER G. A., FLANAGAN M., SUAREZ E. L., DONAGHY R. M.* Microsurgery as an aid to middle cerebral artery endarterectomy. *Journal of neurosurgery*. 1962; 19: 108–115.
- [61] *Jubbal K. T., Zavlin D., Suliman A.* The effect of age on microsurgical free flap outcomes. An analysis of 5,951 cases. *Microsurgery*. 2017; 37: 858–864.
- [62] *Kang M. J., Chung C. H., Chang Y. J., Kim K. H.* Reconstruction of the lower extremity using free flaps. *Archives of Plastic Surgery*. 2013; 40: 575–583.
- [63] *Kannan R. Y.* Early detection of inflow problems during free flap monitoring using digital tympanic thermometers. *Journal of plastic, reconstructive & aesthetic surgery : JPRAS*. 2012; 65: e135.
- [64] *Karanas Y. L., Nigriny J., Chang J.* The timing of microsurgical reconstruction in lower extremity trauma. *Microsurgery*. 2008; 28: 632–634.
- [65] *Karthik S., Joseph J., Sivaprakasam M.* A study on the use of PPG in quantifying circulatory disruptions. *Conference proceedings : ... Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Annual Conference*. 2014; 2014: 1739–1742.
- [66] *Kim J. T., Kim S. W., Youn S., Kim Y. H.* What Is the Ideal Free Flap for Soft Tissue Reconstruction? A Ten-Year Experience of Microsurgical Reconstruction Using 334 Latissimus Dorsi Flaps From a Universal Donor Site. *Annals of Plastic Surgery*. 2015; 75: 49–54.
- [67] *Kim J. T., Kim Y. H., Ghanem A. M.* Perforator chimerism for the reconstruction of complex defects. A new chimeric free flap classification system. *Journal of plastic, reconstructive & aesthetic surgery : JPRAS*. 2015; 68: 1556–1567.
- [68] *Kishi K., Ishida K., Makino Y., Miyawaki T.* A Simple Way to Measure Glucose and Lactate Values During Free Flap Head and Neck Reconstruction Surgery.

Journal of oral and maxillofacial surgery : official journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons. 2018.

- [69] *Kisser U., Adderson-Kisser C., Baumeister P., Reiter M.* Influence of coupler size on revision rate and timing of revision after free flap tissue transfer in the head and neck. *European archives of oto-rhino-laryngology : official journal of the European Federation of Oto-Rhino-Laryngological Societies (EUFOS) : affiliated with the German Society for Oto-Rhino-Laryngology - Head and Neck Surgery.* 2018; 275: 199–206.
- [70] *KLEINERT H. E., KASDAN M. L.* RESTORATION OF BLOOD FLOW IN UPPER EXTREMITY INJURIES. *The Journal of trauma.* 1963; 3: 461–476.
- [71] *KLEINERT H. E., Serafin D., Kutz J. E., Atasoy E.* Reimplantation of amputated digits and hands. *The Orthopedic clinics of North America.* 1973; 4: 957–967.
- [72] *Kneser U., Horch R., Lehnhardt M.* Grundkurs Mikrochirurgie. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2016.
- [73] *Knobloch K., Vogt P. M.* Die rekonstruktive Sequenz des 21. Jahrhunderts. Ein rekonstruktives Uhrwerk. *Der Chirurg; Zeitschrift für alle Gebiete der operativen Medizen.* 2010; 81: 441–446.
- [74] *Kokkalis Z. T., Papanikos E., Mazis G. A., Panagopoulos A., Konofaos P.* Lateral arm flap: indications and techniques. *European journal of orthopaedic surgery & traumatology : orthopedie traumatologie.* 2019.
- [75] *Könneker S., Broelsch G. F., Kuhbier J. W., Framke T., Neubert N., Dastagir K., Mett T., Vogt P. M., Jokuszies A.* Outcome Analysis of End-to-End and End-to-Side Anastomoses in 131 Patients Undergoing Microsurgical Free Flap Reconstruction of the Lower Extremity. *Journal of Reconstructive Microsurgery Open.* 2017; 02: e7-e14.
- [76] *Koshima I., Fukuda H., Utunomiya R., Soeda S.* The anterolateral thigh flap; variations in its vascular pedicle. *British journal of plastic surgery.* 1989; 42: 260–262.
- [77] *Koshima I., Fukuda H., Yamamoto H., Moriguchi T., Soeda S., Ohta S.* Free anterolateral thigh flaps for reconstruction of head and neck defects. *Plastic and reconstructive surgery.* 1993; 92: 421-8; discussion 429-30.
- [78] *Koshima I., Nanba Y., Takahashi Y., Tsukino A., Kishimoto K.* Future of Supramicrosurgery as it Relates to Breast Reconstruction. Free Paraumbilical Perforator Adiposal Flap. *Seminars in Plastic Surgery.* 2002; 16.

- [79] *Koshima I., Yamamoto H., Hosoda M., Moriguchi T., Orita Y., Nagayama H.* Free combined composite flaps using the lateral circumflex femoral system for repair of massive defects of the head and neck regions. An introduction to the chimeric flap principle. *Plastic and reconstructive surgery*. 1993; 92: 411–420.
- [80] *Kotsougiani D., Platte J., Bigdeli A. K., Hoener B., Kremer T., Kneser U., Harhaus L.* Evaluation of 389 patients following free-flap lower extremity reconstruction with respect to secondary refinement procedures. *Microsurgery*. 2018; 38: 242–250.
- [81] *Kraemer R., Lorenzen J., Knobloch K., Papst S., Kabbani M., Koennecker S., Vogt P. M.* Free flap microcirculatory monitoring correlates to free flap temperature assessment. *Journal of plastic, reconstructive & aesthetic surgery : JPRAS*. 2011; 64: 1353–1358.
- [82] *Krueger J. K., Rohrich R. J.* Clearing the smoke. The scientific rationale for tobacco abstention with plastic surgery. *Plastic and reconstructive surgery*. 2001; 108: 1063-73; discussion 1074-7.
- [83] *Lamberty B. G., Cormack G. C.* Progress in flap surgery. Greater anatomical understanding and increased sophistication in application. *World journal of surgery*. 1990; 14: 776–785.
- [84] *Landau M. J., Badash I., Yin C., Alluri R. K., Patel K. M.* Free vascularized fibula grafting in the operative treatment of malignant bone tumors of the upper extremity: A systematic review of outcomes and complications. *Journal of surgical oncology*. 2018; 117: 1432–1439.
- [85] *Lee G. K.* The Anterolateral Thigh Flap: Clinical Applications and Review of the Literature. *Biomedical Journal of Scientific & Technical Research*. 2018; 7.
- [86] *Liu Z., Tian Z., Zhang C., Sun J., Zhang Z., He Y.* Microvascular reconstruction in elderly oral cancer patients. Does diabetes status have a predictive role in free flap complications? *Journal of oral and maxillofacial surgery : official journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons*. 2015; 73: 357–369.
- [87] *Lotter O., Stahl S., Hohenstein C., Schaller H.-E., Jaminet P.* Abbildung gestielter und freier Lappenplastiken im deutschen Fallpauschalensystem. *Handchirurgie, Mikrochirurgie, plastische Chirurgie : Organ der Deutschsprachigen Arbeitsgemeinschaft für Handchirurgie : Organ der Deutschsprachigen Arbeitsgemeinschaft für Mikrochirurgie der Peripheren Nerven und Gefäße : Organ der V...* 2011; 43: 384–392.

- [88] *Mahajan R., Singh I., Singh A., Singh M., Kansal S.* Combined free flap and ilizarov bone reconstruction in complex lower limb trauma: our experience. *International Journal of Research in Orthopaedics*. 2018; 4: 797.
- [89] *Maher J. L., Roehl K. R., Mahabir R. C.* A prospective evaluation of U-clips for arterial microvascular anastomoses. *Journal of reconstructive microsurgery*. 2012; 28: 543–548.
- [90] *Maruccia M., Orfaniotis G., Ciudad P., Nicoli F., Cigna E., Giudice G., Kiranantawat K., Ribuffo D., Chen H.-c.* Application of extended bi-pedicle anterolateral thigh free flaps for reconstruction of large defects: A case series. *Microsurgery*. 2018; 38: 26–33.
- [91] *Masia J., Olivares L., Koshima I., Teo T. C., Suominen S., van Landuyt K., Demirtas Y., Becker C., Pons G., Garusi C., Mitsunaga N.* Barcelona consensus on supermicrosurgery. *Journal of reconstructive microsurgery*. 2014; 30: 53–58.
- [92] *Mathes S., Nahai F.* (1982). Clinical Applications for Muscle and Musculocutaneous Flaps. *Annals of Plastic Surgery*; 10: 264.
- [93] *Matsumine H., Mogami M., Fujiwara O., Hasegawa M., Ito H., Sakurai H.* Improvement of the salvage-rate of flap after venous thrombosis with intraparenchymatous venous pressure monitoring. *Microsurgery*. 2018.
- [94] *Matthews J. L. K., Alolabi N., Farrokhyar F., Voineskos S. H.* One Versus 2 Venous Anastomoses in Free Flap Surgery: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Plastic surgery (Oakville, Ont.)*. 2018; 26: 91–98.
- [95] *Maxwell G. P.* Iginio Tansini and the origin of the latissimus dorsi musculocutaneous flap. *Plastic and reconstructive surgery*. 1980; 65: 686–692.
- [96] *McGregor I. A., Morgan G.* Axial and Random Pattern Flaps. 1973.
- [97] *Meenen N. M.* Tissue Engineering--eine Standortbestimmung. *Zeitschrift für Orthopädie und Unfallchirurgie*. 2008; 146: 19–20.
- [98] *Meier J. K., Prantl L., Geis S., Mueller S., Hullmann M., Liebsch G., Gosau M.* Luminescence ratiometric oxygen imaging (LROI) in microvascular anastomosed fibular and radial forearm flaps. *Clinical hemorheology and microcirculation*. 2013; 55: 169–182.
- [99] *Merikli A. F., Wren J., Garvey P. B., Liu J., Butler C. E., Selber J. C.* A Prospective Clinical Trial Comparing Visible Light Spectroscopy to Handheld Doppler for Postoperative Free Tissue Transfer Monitoring. *Plastic and reconstructive surgery*. 2017; 140: 604–613.

- [100] *Mifsud M., Ferguson J., Stubbs D., Ramsden A., McNally M.* OUTCOMES OF SIMULTANEOUS ILIZAROV FRAME RECONSTRUCTION AND FREE MUSCLE FLAPS IN THE MANAGEMENT OF COMPLEX LIMB INFECTION. *Orthopaedic Proceedings*. 2018; *100-B*: 28.
- [101] *Miyamoto S., Fujiki M., Sakuraba M.* Clinical analysis of 33 flow-through latissimus dorsi flaps. *Journal of plastic, reconstructive & aesthetic surgery : JPRAS*. 2015; *68*: 1425–1431.
- [102] *Möller H.-J., Laux G., Kapfhammer H.-P.* Psychiatrie, Psychosomatik, Psychotherapie. Band 1: Allgemeine Psychiatrie 1, Band 2: Allgemeine Psychiatrie 2, Band 3: Spezielle Psychiatrie 1, Band 4: Spezielle Psychiatrie 2, 5. Aufl. Berlin: Springer Berlin; Springer; 2017.
- [103] *Oesterwitz H., Ghods M., Geomelas M.* Praktische Mikrochirurgie. Anwendungen in der plastischen und rekonstruktiven Chirurgie und der Urologie. Berlin, Heidelberg: Springer Medizin; 2014.
- [104] *Olivari N.* The latissimus flap. *British journal of plastic surgery*. 1976; *1976*: 126–128.
- [105] *Pachón Suárez J. E., Sadigh P. L., Shih H.-S., Hsieh C.-H., Jeng S. F.* Achieving direct closure of the anterolateral thigh flap donor site-an algorithmic approach. *Plastic and reconstructive surgery. Global open*. 2014; *2*: e232.
- [106] *Pereira N., Valenzuela D., Mangelsdorff G., Kufeke M., Roa R.* Detection of Perforators for Free Flap Planning Using Smartphone Thermal Imaging. A Concordance Study with Computed Tomographic Angiography in 120 Perforators. *Plastic and reconstructive surgery*. 2018; *141*: 787–792.
- [107] *Perng C.-K.* Recent advances in postoperative free microvascular flap monitoring. *Formosan Journal of Surgery*. 2013; *46*: 145–148.
- [108] *Philandrianos C., Moullot P., Gay A. M., Bertrand B., Légré R., Kerfant N., Casanova D.* Soft Tissue Coverage in Distal Lower Extremity Open Fractures. Comparison of Free Anterolateral Thigh and Free Latissimus Dorsi Flaps. *Journal of reconstructive microsurgery*. 2018; *34*: 121–129.
- [109] *Pollonini L., Forseth K. J., Dacso C. C., Parazynski S. E., Friedman J. D.* Self-contained diffuse optical imaging system for real-time detection and localization of vascular occlusions. *Conference proceedings : ... Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Annual Conference*. 2015; *2015*: 5884–5887.

- [110] *Pu L. L. Q.* A Comprehensive Approach to Lower Extremity Free-tissue Transfer. *Plastic and reconstructive surgery. Global open.* 2017; 5: e1228.
- [111] *Qian Y., Li G., Zang H., Cao S., Liu Y., Yang K., Mu L.* A Systematic Review and Meta-analysis of Free-style Flaps: Risk Analysis of Complications. *Plastic and reconstructive surgery. Global open.* 2018; 6: e1651.
- [112] *Rao V. K., Morrison W. A., O'Brien B. M.* Effect of nicotine on blood flow and patency of experimental microvascular anastomosis. *Annals of Plastic Surgery.* 1983; 11: 206–209.
- [113] *Reus W. F., Colen L. B., Straker D. J.* Tobacco smoking and complications in elective microsurgery. *Plastic and reconstructive surgery.* 1992; 89: 490–494.
- [114] *Rifkin W. J., Stranix J. T., Borab Z. M., Jacoby A., Lee Z.-H., Anzai L., Cohen J. M., Ceradini D. J., Thanik V., Saadeh P. B., Levine J. P.* Abstract 142: Timing of Traumatic Lower Extremity Free Flap Reconstruction: Does Time to Coverage Impact Outcomes? *Plastic and Reconstructive Surgery Global Open.* 2018; 6.
- [115] *Riot S., Herlin C., Mojallal A., Garrido I., Bertheuil N., Filleron T., Somda S., Grolleau J. L., Lopez R., Chaput B.* A Systematic Review and Meta-Analysis of Double Venous Anastomosis in Free Flaps. *Plastic and reconstructive surgery.* 2015; 136: 1299–1311.
- [116] *Saint-Cyr M., Wong C., Schaverien M., Mojallal A., Rohrich R. J.* The perforasome theory. Vascular anatomy and clinical implications. *Plastic and reconstructive surgery.* 2009; 124: 1529–1544.
- [117] *Sanati-Mehrizy P., Massenburg B. B., Rozehnal J. M., Ingargiola M. J., Hernandez Rosa J., Taub P. J.* Risk Factors Leading to Free Flap Failure: Analysis From the National Surgical Quality Improvement Program Database. *The Journal of craniofacial surgery.* 2016; 27: 1956–1964.
- [118] *Schuind F.* Hand transplantation and vascularized composite tissue allografts in orthopaedics and traumatology. *Orthopaedics & traumatology, surgery & research : OTSR.* 2010; 96: 283–290.
- [119] *Schünke M., Schulte E., Schumacher U.* Prometheus LernAtlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem, 5. Aufl.; 2018.
- [120] *Serletti J. M., Higgins J. P., Moran S., Orlando G. S.* Factors affecting outcome in free-tissue transfer in the elderly. *Plastic and reconstructive surgery.* 2000; 106: 66–70.

- [121] *Sierakowski A., Nawar A., Parker M., Mathur B.* Free flap surgery in the elderly: Experience with 110 cases aged ≥ 70 years. *Journal of plastic, reconstructive & aesthetic surgery : JPRAS.* 2017; 70: 189–195.
- [122] *Simpson L. O.* Intrinsic stiffening of red blood cells as the fundamental cause of diabetic nephropathy and microangiopathy. A new hypothesis. *Nephron.* 1985; 39: 344–351.
- [123] *Smit J. M., Negenborn V. L., Jansen S. M., Jaspers M. E. H., Vries R. de, Heymans M. W., Winters H. A. H., van Leeuwen T. G., Mullender M. G., Krekel N. M. A.* Intraoperative evaluation of perfusion in free flap surgery: A systematic review and meta-analysis. *Microsurgery.* 2018; 38: 804–818.
- [124] *Smith R. K., Wykes J., Martin D. T., Niles N.* Perforator variability in the anterolateral thigh free flap: a systematic review. *Surgical and radiologic anatomy : SRA.* 2017; 39: 779–789.
- [125] *Song Y. G., Z Chen G., Song Y. L.* The free thigh flap. A new free flap concept based on the septocutaneous artery. *British journal of plastic surgery.* 1984; 37.
- [126] *Spear S. L., Ducic I., Cuoco F., Taylor N.* Effect of obesity on flap and donor-site complications in pedicled TRAM flap breast reconstruction. *Plastic and reconstructive surgery.* 2007; 119: 788–795.
- [127] *Stepanovs J., Ozoliņa A., Rovīte V., Mamaja B., Vanags I.* Factors Affecting the Risk of Free Flap Failure in Microvascular Surgery. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences. Section B. Natural, Exact, and Applied Sciences.* 2016; 70: 356–364.
- [128] *Taeger C. D., Horch R. E., Dragu A., Beier J. P., Kneser U.* Perforatorlappen. Eine neue Ära in der rekonstruktiven Chirurgie. *Der Chirurg; Zeitschrift für alle Gebiete der operativen Medizen.* 2012; 83: 163–171.
- [129] *Taylor G. I., Daniel R. K.* The free flap. Composite tissue transfer by vascular anastomosis. *The Australian and New Zealand journal of surgery.* 1973; 43: 1–3.
- [130] *Taylor G. I., Palmer J. H.* The vascular territories (angiosomes) of the body. Experimental study and clinical applications. *British journal of plastic surgery.* 1987; 40: 113–141.
- [131] *Top H., Sarikaya A., Aygit A. C., Benlier E., Kiyak M.* Review of monitoring free muscle flap transfers in reconstructive surgery: role of ^{99m}Tc sestamibi scintigraphy. *Nuclear medicine communications.* 2006; 27: 91–98.

- [132] Townley W. A., Urbanska C., Dunn R. L. R., Khan U. Costs and coding--free-flap reconstruction in lower-limb trauma. *Injury*. 2011; 42: 381–384.
- [133] Üstün G. G., Aksu A. E., Uzun H., Bitik O. The systematic review and meta-analysis of free flap safety in the elderly patients. *Microsurgery*. 2017; 37: 442–450.
- [134] Vakharia K. T., Henstrom D., Lindsay R., Cunnane M. B., Cheney M., Hadlock T. Color Doppler ultrasound: effective monitoring of the buried free flap in facial reanimation. *Otolaryngology--head and neck surgery : official journal of American Academy of Otolaryngology-Head and Neck Surgery*. 2012; 146: 372–376.
- [135] Wain R. A. J., Hammond D., McPhillips M., Whitty J. P. M., Ahmed W. Microvascular Anastomoses: Suture and Non-suture Methods. In: Ahmed W., Jackson M. J. *Surgical Tools and Medical Devices*, 2. Auflage, Cham, s.l.: Springer International Publishing; 2016, 545–562.
- [136] Wann wird ein Mensch als "älter" bezeichnet?
<https://www.gesundheit.de/wissen/haetten-sie-es-gewusst/allgemeinwissen/wann-wird-ein-mensch-als-aelter-bezeichnet>.
- [137] Williams B., Mancia G., Spiering W., Agabiti Rosei E., Azizi M., Burnier M., Clement D. L., Coca A., Simone G. de, Dominiczak A., Kahan T., Mahfoud F., Redon J., Ruilope L., Zanchetti A., Kerins M., Kjeldsen S. E., Kreutz R., Laurent S., Lip G. Y. H., McManus R., Narkiewicz K., Ruschitzka F., Schmieder R. E., Shlyakhto E., Tsioufis C., Aboyans V., Desormais I. 2018 ESC/ESH Guidelines for the management of arterial hypertension. *European heart journal*. 2018; 39: 3021–3104.
- [138] Wirth A., Hauner H. *Adipositas. Ätiologie, Folgekrankheiten, Diagnostik, Therapie*, 4. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2013.
- [139] Wittig P. *Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit* 2016.
- [140] Wolf-de Jonge I. C. D. Y. M., Beek J. F., Balm R. 25 years of laser assisted vascular anastomosis (LAVA): what have we learned? *European journal of vascular and endovascular surgery : the official journal of the European Society for Vascular Surgery*. 2004; 27: 466–476.
- [141] Wolff K.-D., Hölzle F. *Raising of Microvascular Flaps. A Systematic Approach*, 3. Aufl. Cham: Springer International Publishing; 2018.
- [142] Wong A. K., Joanna Nguyen T., Peric M., Shahabi A., Vidar E. N., Hwang B. H., Niknam Leilabadi S., Chan L. S., Urata M. M. Analysis of risk factors associated

- with microvascular free flap failure using a multi-institutional database. *Microsurgery*. 2015; 35: 6–12.
- [143] Wong C.-H., Wei F.-c., Fu B., Chen Y.-A., Lin J.-Y. Alternative vascular pedicle of the anterolateral thigh flap: the oblique branch of the lateral circumflex femoral artery. *Plastic and reconstructive surgery*. 2009; 123: 571–577.
- [144] Wong S. L., Demers M., Martinod K., Gallant M., Wang Y., Goldfine A. B., Kahn C. R., Wagner D. D. Diabetes primes neutrophils to undergo NETosis, which impairs wound healing. *Nature medicine*. 2015; 21: 815–819.
- [145] World Health Organization. Body mass index - BMI. <http://www.euro.who.int/en/health-topics/disease-prevention/nutrition/a-healthy-lifestyle/body-mass-index-bmi>.
- [146] Yang G. F., Chen P. J., Gao Y. Z., Liu X. Y., Li J., Jiang S. X., He S. P. Forearm free skin flap transplantation. A report of 56 cases. 1981. *British journal of plastic surgery*. 1997; 50: 162–165.
- [147] Yu P., Youssef A. Efficacy of the handheld Doppler in preoperative identification of the cutaneous perforators in the anterolateral thigh flap. *Plastic and reconstructive surgery*. 2006; 118: 928-33; discussion 934-5.
- [148] Zaman T., Kyriacou P. A., Pal S. K. Free flap pulse oximetry utilizing reflectance photoplethysmography. Conference proceedings : ... Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Annual Conference. 2013; 2013: 4046–4049.
- [149] Zhou G., Qiao Q., Chen G. Y., Ling Y. C., Swift R. Clinical experience and surgical anatomy of 32 free anterolateral thigh flap transplantations. *British journal of plastic surgery*. 1991; 44: 91–96.

8 Erklärung zur eigenständigen Abfassung der Arbeit

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne unzulässige Hilfe oder Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Ich versichere, dass Dritte von mir weder unmittelbar noch mittelbar eine Vergütung oder geldwerte Leistungen für Arbeiten erhalten haben, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen, und dass die vorgelegte Arbeit weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde zum Zweck einer Promotion oder eines anderen Prüfungsverfahrens vorgelegt wurde. Alles aus anderen Quellen und von anderen Personen übernommene Material, das in der Arbeit verwendet wurde oder auf das direkt Bezug genommen wird, wurde als solches kenntlich gemacht. Insbesondere wurden alle Personen genannt, die direkt an der Entstehung der vorliegenden Arbeit beteiligt waren. Die aktuellen gesetzlichen Vorgaben in Bezug auf die Zulassung der klinischen Studien, die Bestimmungen des Tierschutzgesetzes, die Bestimmungen des Gentechnikgesetzes und die allgemeinen Datenschutzbestimmungen wurden eingehalten. Ich versichere, dass ich die Regelungen der Satzung der Universität Leipzig zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis kenne und eingehalten habe.

.....

Datum

.....

Unterschrift

9 Danksagung

In diesem Abschnitt möchte ich die Gelegenheit wahrnehmen, mich für die mir entgegengebrachte freundliche Unterstützung und Hilfe von allen Seiten zu bedanken.

Ich danke meinem Doktorvater Professor Dr. med. Stefan Langer, Leiter der Klinik für Plastische, Ästhetische und Spezielle Handchirurgie des Universitätsklinikums Leipzig, für das entgegengebrachte Vertrauen und die Möglichkeit, die Doktorarbeit in seiner Abteilung durchführen zu können. Weiterhin möchte ich mich bei ihm für seine Unterstützung, alle hilfreichen Kommentare, positiven Anregungen und die Möglichkeit, als Referent bei der 40. Jahrestagung der DAM teilzunehmen, bedanken.

Mein besonderer Dank gebührt meinem Betreuer Dr. med. Olimpiu Bota, der mir während der gesamten Durchführung dieser Arbeit mit Erfahrung, konstruktiven Impulsen und freundschaftlich kritischem Ansporn zur Seite stand.

10 Lebenslauf